

Teknillinen korkeakoulu, koneenrakennustekniikan laitos
Helsinki University of Technology, Department of Engineering Design and Production

Espoo 2009

TKK-K-1/09

**Konepajateknisiä pohdintoja
Suomalaisen konepajakulttuurin muutoksia
1960-luvulta 2000-luvulle**

Veijo Kauppinen

Teknillinen korkeakoulu
Insinööritieteiden ja arkkitehtuurin tiedekunta
Koneenrakennustekniikan laitos

Helsinki University of Technology
Faculty of Engineering and Architecture
Department of Engineering Design and Production

Jakelu:
Teknillinen korkeakoulu
Koneenrakennustekniikan laitos
Tuotantotekniikka
PL 4200
02015 TKK

© 2009 Veijo Kauppinen

ISBN: (sähköinen) 978-951-22-9964-5
ISBN: (painettu) 978-951-22-9981-2
ISSN: 1797-0172

Veijo Kauppinen

Konepajateknisiä pohdintoja

Suomalaisen konepajakulttuurin muutoksia 1960-luvulta 2000-luvulle

Deliberations over the Most Significant Changes within the Finnish
Machine Shop Culture
From the End of the 20th Century to the Beginning of the 21st Century



14.04.2009 Suomen Kulttuurirahaston tuella

Julkaisu on luettavissa sähköisesti osoitteessa
<http://www.tkk.fi/Yksikot/Konepaja/tuotantotekniikka/julkaisut>

Kannen kuva: Rautessa siirryttiin uuteen kulttuuriin numeerisen Skoda-avarruskoneen myötä. Koneistettavana on viilusorvin pääty. Koneetta käyttää työnjohtaja Reijo Taipale.

Lukusuositus:

Teeman omakohtaiset pohdinnat aikaikkunassa 1960-luvulta 2000-luvulle ovat ensimmäisessä osassa. Se on julkaisun keskeisin sisältö.

Pohdintojen taustoja laajemmalla aikajänteellä annetaan toisessa osassa. Siihen tutustumista suositellaan etenkin lukijoille, jotka eivät alaa hyvin tunne.

Kolmannessa osassa on eräitä sattumuksia ja listauksia, kuten lähteet.

Sisältö:

1	Ensimmäinen osa	1	1.9.6.1	Työstökoneiden numeerinen ohjaus rantautuu Suomeen	34
1.1	Alkusanat ja taustaa	1	1.9.6.2	Tietokonetuettu tuotesuunnittelu	35
1.2	Työura	2	1.9.6.3	Numeerinen ohjaus laajenee CAM:iin ja CIM:iin	36
1.2.1	Rauten kausi	2	1.9.6.4	Rajoitetusti miehitetty ja miehittämätön käyttö	36
1.2.2	Professorina	4	1.9.7	Tuotantoautomaatio	36
1.3	Pohdinnoistani	5	1.9.8	Teollisuusrobotit	39
1.4	Suomalainen konepajateollisuus.....	5	1.10	Organisointia ja tekniikkaa tukevia tekijöitä	39
1.4.1	1960-luvun konepajojen ykkösketju ja nykykäski	5	1.10.1	Standardisointi	39
1.4.2	Konepajojen tuotteistot.....	6	1.10.2	Ryhäteknologia	41
1.4.2.1	Konstruktio	6	1.10.4	Arvoanalyysi	41
1.4.2.2	Tuotekehitys.....	7	1.10.3	Valmistuksen ja tuotesuunnittelun yhteistyö	41
1.4.2.3	Laajeneva materiaalivalikoima	8	1.10.5	Laatupiiri-innostus	43
1.4.3	Kulkuneuvoteollisuus uusien tuulien airuena	8	1.10.6	Yrityssuunnittelu, varastointi ja laskentatoimi	44
1.4.4	Kaivannais- ja metallien perusteollisuus..	10	1.10.6.1	Strategiat, budjetointi ja investointikäsikirjat	44
1.5	Metalli ja koneiteollisuuden suhdanteista ja trendeistä	10	1.10.6.2	Bench marking - parhaat käytännöt	44
1.6	Konepajatekniikan arvostuksesta, opetuksesta ja tutkimuksesta	11	1.10.6.3	Kustannusrakenteiden peittämisestä läpinäkyvyyteen	44
1.6.1	Alan arvostus	11	1.10.6.4	Huoltokonttoreista henkilöstöosastoihin ..	45
1.6.2	Konepajatekninen opetus ja tutkimus	12	1.10.6.5	Varastointi ja varastokirjanpito, palkanlaskenta	45
1.6.3	Tuotantoinsinöörin ajankäytöstä	16	1.11	Ekokonepaja	45
1.7	Suomen rakennemuutos ja vaurastuminen pohdinnan viitekehiksenä	17	1.12	Työvoimakysymyksestä	46
1.8	Muutosten ajurit	17	1.12.1	Muuttunut työilmapiiri	46
1.8.1	Valmistuksen organisointiin kohdistuvia muutostekijöitä	18	1.12.2	Teknikkokoulutuksen alasajaminen	48
1.8.1.1	Solut ja tuoteverstaat	18	1.13	Tiedonhakua ja koulutusta	48
1.8.1.2	JOT -tuotantoperiaate	20	1.13.1	Kirjastot ja muut tiedon lähteet	48
1.8.1.3	Valmistussyvyyden radikaali mataloitta- minen, alihankinta ja ulkoistaminen.....	22	1.13.2	Kursseja ja jatkokoulutusta	48
1.8.1.4	Tuotantokalustoinvestoinnit ja ylläpito päähankkijoilta partnereille	22	1.13.2.1	Täydennyskoulutus	48
1.8.1.5	Kapeasta osaamisesta monitaitoisuuteen ..	23	1.13.2.2	Suomalainen FMS-koulutushanke.....	49
1.8.2	Tekniseen kehitykseen kohdistuvia muutostekijöitä	24	1.13.2.3	"Konepajatekniikan kieli"	49
1.8.2.1	Lastuavat työstökoneet	24	1.14	Maanpuolustus ja konepajat	50
1.8.2.2	Suurnopeuskoneistus	27	1.15	Kansainvälistä yhteistyötä ja esikuvia - puolin ja toisin	50
1.8.2.3	Teräaineet ja terät	27	1.15.1	Englanti	50
1.8.2.4	Koneistuskiinnittimet	28	1.15.2	Ruotsi	50
1.8.2.5	Lastuamisparametrit	28	1.15.3	Neuvostoliitto - Venäjä	50
1.8.2.6	Järjestelmiksi, oma työvälaineiden valmistus	29	1.15.4	Saksa	51
1.8.2.7	Lastuamisnestet	30	1.15.5	USA	52
1.9	Kehityskatsauksia	31	1.15.6	Baltian maat	52
1.9.1	Hitsaus sekä teräsrakenteiden valmistus ..	31	1.15.7	Kiina	52
1.9.2	Levytyöt	32	1.15.8	Intia	52
1.9.3	Kokoonpano	33	1.15.9	Etelä-Amerikka	52
1.9.4	Koneisiin lisää sähköä ja elektroniikkaa ..	34	1.15.10	Israel	52
1.9.5	Kallista pakkaamista	34	1.16	Tässä ollaan ja jonnekin mennään	52
1.9.6	Tuotannon tietotekniikka	34	1.16.1	Nopeita ja syvälleikäviä muutoksia ennakoidaan	52
			1.16.2	Muille maille	54
			1.16.3	Shokit kohdentavat	55
			1.16.4	Sopimusvalmistajia syntyy	56

1.16.5	Katoavat katteet	57	2.9.2	Metalliteollisuuden tuotanto- automaation kehityksestä	86
1.16.6	Kohentuva työllisyys, mutta kalliita työmarkkinasopimuksia	57	2.9.3	Kokoonpano	86
1.16.7	Konepajojen "ahne sukupolvi"	57	2.9.4	Työvälineet	87
1.17	Yliopistojen ja korkeakoulujen myllerrys ..	58	2.9.4.1	Työkalukorvaus	87
1.18	Yhteen veto	59	2.9.4.2	Suomalainen työkalujen valmistus	87
1.19	Summary	61	2.9.4.3	Mittalaitteet	88
2	Toinen osa – Taustoja	63	2.9.4.4	Työvälinejärjestelmät	88
2.1	Tekniikka kontra teknologia	63	2.9.5	Sähkö- ja elektroniikkatyöt, putkityöt	88
2.2	Konepajateollisuus	63	2.9.6	Tuotteiden pakkaus ja lähetys	88
2.2.1	Suomalainen metalli- ja kone- pajateollisuus	65	2.10	Ekokonepaja	89
2.2.1.1	Käsityöläiset	65	2.11	Ammattiyhdistykset	89
2.2.1.2	Ruukit ja manufakturopajat	65	2.12	Messuja ja näyttelyitä	90
2.2.1.3	Konepajoja syntyy autonomian aikana	65	2.13	Ammattilehtiä	90
2.2.1.4	Itsenäisyyden alkukausi	66	2.14	Konepaja-alan yhdistyksiä	91
2.2.1.5	Sodat ja sotakorvaukset	67	2.15	Konepajahistorioita	91
2.2.1.6	1950-luvulta 2000-luvulle	67	3	Muistumia, kirjallisuus, liitteet	92
2.3	Konepajojen tuotannon järjestäminen	68	3.1	Muistumia	92
2.3.1	Funktionaaliset rakenteet	68	3.2	Kirjallisuus	98
2.3.2	Valmistussyvyys, alihankinta ja ulkoistaminen, sopimusvalmistus	68	3.2.1	Osa 1	98
2.4	Muiden maiden konepajateknisestä vuorovaikutuksesta suomalaisten kanssa	69	3.2.2	Osa 2	100
2.4.1	Englanti	69	Liite 1	Kirjoittajasta	102
2.4.2	Ruotsi	69	Liite 2	Julkaisut ja valvotut diplomityöt	103
2.4.3	Venäjä	69			
2.4.4	Saksa	69			
2.4.5	Yhdysvallat	70			
2.4.6	Viro	70			
2.5	Teknillinen korkeakouluopetus ja tutkimus	70			
2.5.1	Saksalaisista teknillisistä yliopistoista/korkeakouluista ja tutkimuslaitoksista	70			
2.5.2	Fraunhofer-Gesellschaft ja Fraunhofer-instituutit	71			
2.5.3	Mekaanisen teknologian ja konepajatekniikan opetus sekä tutkimus Suomessa	72			
2.5.4	Valtion Teknillinen Tutkimuslaitos VTT	73			
2.5.5	Kursseja ja jatkokoulutusta	74			
2.6	Standardisointi ja sen sukulaiset	74			
2.6.1	Osien vaihtokelpoisuus - toleranssit ja sovitteet	74			
2.6.2	Standardisointi	74			
2.6.3	Ryhmäteknologia	75			
2.7	Valmistuksen organisointiin kohdistuvia muutostekijöitä	76			
2.7.1	Solu- ja tuoteverstaasvalmistus	76			
2.7.1.1	Kolme erilaista tuotantomuotoa	76			
2.7.1.2	Linjat tuotanto	76			
2.7.1.3	Funktionaalinen tuotanto	77			
2.7.1.4	Solut ja tuoteverstaat	77			
2.7.2	JOT-tuotantoperiaate johdannaisineen	77			
2.7.3	Layoutin muutokset ja asetusajat	78			
2.7.4	Kapeikkoajattelu	79			
2.8	Konstruointi ja simultaanisuunnittelu	80			
2.8.1	Piirustuslaudoista tietokoneisiin	80			
2.8.2	Ryhmätyötä edistäviä toimintatapoja	80			
2.8.2.1	Nimityksistä	80			
2.8.2.2	Niksimihoista simultaanisuunnitteluun	81			
2.8.2.3	Valmistuksen ja tuotesuunnittelun yhteistyö	81			
2.9	Tekninen kehitys	81			
2.9.1	Valmistusmenetelmistä	81			
2.9.1.1	Valaminen	81			
2.9.1.2	Leikkaus ja hitsaus, teräsrakenteiden valmistus, levytyöt	82			
2.9.1.3	Lastuava työ	82			
2.9.1.4	Työstökoneiden numeerinen ohjaus NC ...	84			

1 Ensimmäinen osa

1.1 Alkusanat ja taustaa

Kiitollisena vastaanottamani tuki on Suomen Kulttuurirahaston Väinö Kohon rahastosta myönnetty varttuneille tieteenharjoittajille tieteellisen elämäntyön ja siitä saadun kokemuksen pohdiskelevaan kirjoittamiseen tarkoitettu eminentia-apuraha kohdistettuna ”suomalaisen kone- ja metalliteollisuuskulttuurin muuttumista käsittelevään kirjalliseen työskentelyyn”.

Pohdinnat ja niiden kirjaus ovat vieneet oman aikansa. Vaimolleni Marjalle kuuluu lämmin kiitos siitä, että tämä aika on ollut irrotettavissa. Kirjoitustyön tein yksin. Julkaisun taittovaiheessa sain tukea Konepajatekniikan laitoksesta, mistä kiitän erityisesti Leena Länsikorpea, Kalevi Aaltosta, Pekka Kyreniusta, Janne Peuraniemeä ja Esko Niemeä.

Pohdiskeluni kirjaus on 1960-luvun jälkipuolelta alkava elämäntyön tarkastelu. Aloitin tuolloin työni konepajan insinöörinä. Julkaisut rakennetaan usein aikaa seuraten siten, että niiden alussa kuvataan tutkimusfokusta edeltäneitä tapahtumia edeten siitä tarkasteltavien asioiden käsittelyyn. Valitsemani rakenne on toisenlainen. Aloitan julkaisun ensimmäisen osan omilla pohdintoilla, joita täydentävät toisen osan taustoja valottavat tiedot. Muistumiin on kirjattu kevyempiä sattumuksia. Julkaisun laajuus on pyritty pitämään kohtuullisen luku-urakan rajoissa. Kirjoitustyön aikana päässäni pyöri valtava määrä asioita ja useita lähestymissuuntia, joiden kaikkien kirjaaminen ei tietenkään ollut mahdollista. Pohdiskelu on kuitenkin ollut itselleni arvokas jäsen- nys- ja kypsymisprosessi. Olisi saattanut olla mielenkiintoista spekuloida ajatuksilla ”jos olisi mennyt toisin, niin”. Siihen en kuitenkaan ole ryhtynyt.

Metalli- ja konepajateollisuus on ollut osallisena Suomeen kohdistuvien muutos- tekijöiden rakentumisessa. Näitä ovat globalisaatio, teknologinen muutos, ilmas- tonmuutos, ikärakenteen muutos, muutto- liike ja elinkeinoelämän rakennemuutos. Kirjoitustyötä viimeistellessäni globaali talous on syöksynyt ennakoitua nope-

ammin ja syvempään taantumaan, joka tietenkin vaikuttaa suomalaiseen metalli- ja konepajateollisuuteen. Monenlaisiin vai- keuksiin ajautuminen lienee ilmiselvää. Näkymät jopa pelottavat.

Tein diplomityön Lahden Rautateollisuus Osakeyhtiöön (sittemmin Raute Oyj; tässä julkaisussa kirjoitusasussa Raute), joka tarjosi minulle valmistuttuani työpaikan. Sieltä siirryin mekaanisen teknolo- gian/konepajatekniikan professoriksi ensin Lappeenrannan teknilliseen korkeakouluun ja edelleen Teknilliseen korkeakouluun, mistä virasta jäin eläkkeelle.

Kiinnostukseni konepajatekniikkaan ja metallialan käsityöhön lienee saatu osin perintönä. Äidin puolen isoisäni oli käsistään taitava kultaseppämestari ja isäni isä konepajan johtaja. Hänen viimeksi omistamansa konepaja lopetti toimintansa kaupungin pakkolunastettua sen tontin liikennelaitoksensa tarpeisiin. Isäni ja setäni olivat valinneet toiset ammatit, joten jatkajaa ei suvussa ollut. Minäkään en tuolloin vielä ollut alaani valinnut. Insinöörikoulutus oli vaihto- ehdoistani karkisijalla. Varalla oli vapaa- ehtoisena asepalveluksen jäljiltä upseerin tai kesätoitteni perusteella panimo- mestarin ammatit. Valinta ratkesi, kun sain tiedon hyväksymisestä Teknillisen korkeakoulun Koneinsinööriosaston opis- kelijaksi.

Aktiivisen kauteni aikana alani on huimasti kehittynyt. Vielä 1970-luvulla työsken- neltiin koneistajilta ammattitaitoa edellyttävillä ”veivikoneilla”. Numeerinen ohjaus eli tietokoneistetut työstökoneet olivat vasta elinkaarensa nousukiidossa. Nykyiset konepajat näyttävät kovin toisenlaisilta. Tuotannossa käytetään yksiköitä ja konejärjestelmiä, joiden automaatioaste on korkea ja käskytyt tietoteknistä. Perusasiat, kuten lastua- misen teoria, ovat kuitenkin ennallaan. Sovellusympäristö vain on toisen näköinen ja niin ovat tuotantoinstrumentin käsit- telytavatkin.

Koneita ja laitteita nopeammin ovat kehittyneet tavat organisoida tuotanto ja operoida sitä. Nykyiset verstaute- tut konepajat ovat täysin toisin organisoituja kuin insinöörin urani alkaessa. Ne ovat

pieniä ja ketteriä moniottelijoiden yksiköitä. Tähän johtaneet toimintatapojen muutokset tapahtuivat pääosin 1980-luvulla, jolloin minulla oli onni päästä mukaan silloisen MET:n, nykyisen Teknologiateollisuuden, japanilaisia ajatuksia suomalaiseen ympäristöön sopeutaviin ja juurruttaviin hankkeisiin.

Verkostoni, kuten nykyään sanotaan, on laaja. Mainitsen henkilöitä, joiden kanssa työskentely ja kommunikointi on vaikuttanut syvällisesti ajatusmaailmaani - listaus ei tietenkään voi olla kattava:

Suomen Metalliteollisuuden Keskusliitto ja Suomen Konepajainsinööriyhdistys: Johannes Brotherus (Wärtsilä); Olli Eloranta (Valmet); Kaarlo Kankaala (Sarlín); Juhani Linnoinen (Saab-Valmet); Harri Malmberg (MET); Karl H. Ranta (Kone); Arno Saraste (k.) (mm. Kone/yksityinen konsultti)
Teollisuusjohtajia ja insinöörejä: Heikki Mustakallio (k.) (Lahden Rautateollisuus/Raute); Aapo Paasikivi (k.) (Wärtsilä, Turku)
Professoreja: Hans Andersin (TKK); O. Eero Huhtamo (k.) (TKK); Jaakkima Kilpi (k.) (VTT/TTKK); Matti Kleimola (TKK/Wärtsilä); Ilkka Lapinleimu (mm. Lahden Rautateollisuus/OY/TTKK); Tauno Olkkonen (TKK); Juhani Pykkänen (Oulun yliopisto/ABB/yksityinen konsultti)
Tekninen kauppa: Kalevi Kuusela (k.) (Teollisuustekniikka); Mies Lehesmaa (Machinery); Edwin Naskali (Valmet/Fastems); Pentti Olkkonen (Cron-Tek); Kari J. Pekkanen (k.) (Aspo/Cron-Tek); Reino Pentikäinen (Aspo/Wihuri)
Ammattijulkaisut: Jussi (Jorma) Collin (MET/Konepajamies)
Moniosaajia: Hemmo Rätty (k.) (yrittäjä)

Esityksessä käytetään yksinkertaistamisen sekä auki kirjoitettujen nimien pituuden ja moniasuisuuden johdosta lyhenteitä:

MET	Suomen Metalliteollisuusyhdistys; Suomen Metalliteollisuuden Keskusliitto ry; MEK ja MET; Suomen Metall-, Kone- ja Sähköteknisen Teollisuuden Keskusliitto ry ym. muotoja; myöhemmin Teknologiateollisuus ry
Raute	Lahden Rautateollisuus Oy; Raute Oyj
TKK	Suomen Teknillinen Korkeakoulu; Teknillinen korkeakoulu
VTT	Valtion teknillinen tutkimuslaitos; Valtion teknillinen tutkimuskeskus

1.2 Työura

1.2.1 Rauten kausi

Kosketukseni Lahden Rautateollisuus Osakeyhtiöön - Rauteen - syntyi harjoittelulla, ensin kesä valimossa ja toinen kesä puuteollisuuskoneiden kokoonpano-osastolla.

Tiedustelin diplomityön tultua ajankoh- taiseksi mahdollisuutta sen tekemiseen Rautessa, mihin suostuttiin. Tarkoitus oli ottaa työn kohteeksi viilursorvin valetun päätykotelon koneistuksen tehostaminen. Valitsin kuitenkin aiheekseni yrityksessä juuri tuolloin ongelmallisen viilursorvin kaksoiskarojen pitkittäisen liukuliikkeen kiinnileikkautumisten tarkastelun, joiden syyn onnistuin työssäni selvittämään.

Raute tarjosi minulle insinöörin paikan. Ensimmäinen toimenkuvani oli töiden menetelmä- sekä työnjärjestelytehtävistä ja yritysstandardisoinnin käynnistämisestä koostuva menetelmätekninen suunnittelu. Sain pian nimityksen työsuunnittelu- päälliköksi. Myöhemmät vakanssini olivat tuotantopäällikkö ja materiaalipäällikkö, jonka toimenkuvaan kuului myös yritys- suunnittelu - kuten laajentuminen Nastolaan ja koko yrityksen Lahden keskustasta sinne sittemmin tapahtuneen siirtymisen käynnistänyt pitkän tähtäyksen suunnittelu.

Esimieheni oli tuotantopäällikkö Ilkka Lapinleimu, sittemmin Oulun yliopiston ja Tampereen teknillisen korkeakoulun konepajatekniikan professori. Hän viimeisteli tuolloin lisensiaatinopintojaan ja oli muutenkin monipuolisesti kiinnostunut konepajatekniikasta. Tampereelta Rauten tuotantopäälliköksi siirtynyt Lapinleimu käynnisti useita uudistuksia, joihin osallistuin joko hänen ajatustensa kuuntelijana tai työrukkasena. Käymämme lukuisat keskustelut avasivat nuoren insinöörin näkemystä ja olivat hyvä pohja tulevien tehtävien hoidolle. Samaa kertoo minun osaltani Lapinleimun lähdettyä vastaavaan tilanteeseen alaisekseni otettu diplomi-insinööri. Myöhemmät yhteytemme ja Lapinleimun selkeän pelkistetyt julkaisut ovat pohdintojeni tärkeä tausta. Sellainen on varsinkin Lapinleimun väitöskirja /141/ sekä kirjoittajaryhmän laatima Konepajan tuotantotekniikan kirjasarjan osa Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät.

1900-luvun alkuvuosina Lahden Vesi- järvenkadulla toimintansa aloittaneen Rauten tuotantotekninen maailma oli sotakorvaustuotannolta periytyvän vanhoillinen. Puunjalostuskoneisiin erikoistunut yhtiö oli sotien aikana valmistanut

tykistön ammuksia ja sai vastatakseen yli 3 %:a sotakorvauksista, pääasiassa saha- ja vaneriteollisuuden koneita. Niiden tultua toimitetuksi Raute jatkoi jo varhemmin aloittamaansa puunjalostusteollisuuden koneiden valmistusta, joita edelleen toimitettiin runsaasti Neuvostoliittoon.

Rautessa oli 1960-luvulla valimo, paja, levytyö- ja hitsausosasto, koneistamot ja kokoonpano-osasto. Samalla tontilla toimi kevyempiä konepajatuotteita valmistava, omistuspohjaltaan sama Lahden Vaaka. Tuotannon järjestely oli tiukan funktionaalinen. Johto halusi kaiken, mikä vain oli mahdollista, valmistettavaksi omassa konepajassa.

Lapinleimun ensimmäisiä toimia oli lopettaa lähes tyhjäkäynnillä ollut paja. Muutamat vanhat työntekijät kävivät kertomassa johdolle yrityksen menevän pian konkurssiin, koska ilman pajaa ei tulla toimeen. Totuus oli, että pajassa tehtiin vain muutama tunti tuottavaa työtä kuukaudessa. Kaukolämpöön liitetty tehdas joutui raskaan höyryvasaran käynnistämiseksi aloittamaan jo edellisenä päivänä kattiloiden lämmityksen ja nostamaan höyrynpaineen vasaralla taontaa varten. Vasaran lyödessä koko rakennus huojahti ja koneistettaviin pintoihin syntyi epäjatkuvuuskohтия.

Muut Lapinleimun käynnistämät uudistukset olivat jäljempänä kuvattuja sekä organisatorisia että ilmassa olleiden asioiden käyttöön ottamisia tai kokeiluja. Rauten saatua Neuvostoliitosta mittavan vaneritehdastilauksen - suuruudeltaan yrityksen noin kolmen vuoden liikevaihto - oli pakko laajentaa tuotantotiloja yli Lahden täyteen rakennetun tontin mahdollisuuksien. Raute osti Nastolasta konkurssiin menneen sahan hyvän maa-pohjan ja pistoraitteen takia, mikä osoittautui yhtiön vastaisen kehityksen kannalta onnistuneeksi hankinnaksi. Lapinleimu käynnisti ennen muualle siirtymistään Nastolaan ensimmäiseksi rakennettujen tuotantohallien työstökonehankinnat, jotka saatoinkin loppuun.

Rauten työnsuunnittelumenetelmä ja samalla tuotannon merkittävin ongelma oli oikeaoppinen "Hellbornin korttipeli".

Työnvaiheita saattoi samanaikaisesti olla "auki" jopa parikymmentätuhatta. Järjestelmällä oli mahdoton ohjata tuotantoa. Tuotanto pikemminkin ohjasi järjestelmää. "Hätätyöt ja pikahätätyöt" syrjäyttivät muun valmistuksen. Vallitsi hallitsematon kaaos, jossa myöhästymiset olivat yleisiä. Työnsuunnittelua yritettiin huonoin tuloksin parantaa sen aikaisin opein.

Kuriositeettina kerrottakoon kokeilustani soveltaa PERT-verkkoa. Olin kuunnellut automaattisen tietojenkäsittelyn kurssin, jossa niitä käsiteltiin. Suuri vaneritehdastilauks oli ajoitusten kannalta haastava ja ajattelin yrittää tätä tekniikkaa. Laadin viikkoja iltaisin kotonani verkkokaavioita. Lopputulosta ajettiin päivän verran Helsingissä tietokoneessa. Tuloksesta ei ollut mitään hyötyä.

Tuotanto piti useita myynnin lupaamia toimitusaikoja järkyttävän lyhyinä. Tilanne lienee ollut sellainen, että ne oli pakko hyväksyä kaupan saadakseen. Tätä kuvaa tapaus, jossa vuorineuvos pyysi minua antamaan erään mittavan tarjouksen toimitusajan. Päädyin aikani laskettuani tiettyyn arvioon ja ilmoitin, että lyhyempään ei muita toimituksia vaarantamatta pystytä. Neuvos tuli kauppa-matkalta Moskovasta ja kertoi iloisena sopimuksesta. Sen toimitusaika oli puolet laskemastani, mihin oli tyytyminen. Neuvostoliiton kaupan myöhästymissakot olivat raskaat, pahimmillaan jopa 15 %:iin saakka. Kohtuullinenkin kate menetettiin helposti myöhästymällä. Tiukimmillaan pantiin toimitusten mukana maalarit junaan, josta he poistuivat Vainikkalan raja-asemalla.

Nastolan tehdasta laajennettiin edelleen tuotanto- ja materiaalipäällikkökausillani mm. aloitetun puulevypuristimien valmistuksen edellyttämän raskaan koneistuksen ja kokoonpanon vaatimilla tiloilla. Kauteeni ajoittui myös kahden kilpailija-yrityksen ostaminen ja fuusiointi Rauteen sekä elektroniikkatuotannon käynnistäminen varta vasten rakennetuissa tiloissa. Opin näin kokemuksen kautta myös paljon tehdastilojen suunnittelusta ja rakennuttamisesta.

Lahden tontilla pitkään toiminut, vuosikapasiteetiltaan 1 000 tonnin valimo (tuol-

loin noin yksi prosentti Suomen valutuotannosta) oli rakennuksiltaan vanhan-aikainen ja haastavassa paikassa asutuksen keskellä. Valimoon investoitiin hankkimalla UPO:n valmistama kupoliuuni ja automaattinen panostuslaitteisto. Ympäristövaatimusten tiukentuessa oli ilmeistä, ettei valimo voi niissä tiloissa kannattavasti jatkaa. Sain tehtäväkseni suunnitella yhdessä valimon ylityönjohtajan kanssa vuosituotannoltaan 3 000 tonnin valimo, jonka sijainti olisi joku silloisen kehitysalueen kunta. Taloudelliset laskelmat ja herkkyyksianalyysit osoittivat kuitenkin, että suunniteltujen investointien jälkeen valimon kannattavuus ei olisi ollut matalasuhteissa taattu, joten hankkeesta luovuttiin. Yrityksen johto piti valimohanketta pitkään strategisena ja epäili valujen saatavuutta korkeasuhteissa. Neuvotellut alihankintasopimukset osoittautuivat kuitenkin niin pitäviksi, ettei ongelmia syntynyt. Kuriositeettina mainittakoon, että eräs valimon volyymiosa, viilusorvien 3-5 tonnia painava päätykotelo, suunniteltiin paitsi valettuna myös teräsrakenteisena, jolloin Nastolan uusi hitsaamo pystyi sen valmistamaan. Molempien rakenteiden hinta asettui suunnilleen samalle tasolle. Päivän tilanteen mukaan valittiin joko hitsattu tai valettu kotelo - asiakas yleensä hyväksyi kummatkin rakenteet, kunhan kone toimi moitteetta.

Olin ammatistani kiinnostunut yli kulloistenkkin työtehtävien rajojen ja seurasin alan uusia virtauksia. Tästä versoi jatko-opiskelumotivaationi, mitä konepajassa ei "hyödyttömänä" ymmärretty. Kirjoitin lisensiaatin työn erään sateisen kesäloman aikana. Kerrotuani neuvokselle saaneeni lisensiaatin tutkintotodistuksen hän totesi lakonisesti minun lakanneen olemasta insinööri ja varmaan tarkoittikin sitä. Liika teoria tuntui olevan rasite.

Kerroin 1970-luvun alkuvuosina useissa paikallisissa metalliväen tilaisuuksissa solutuotannosta ja muista ilmassa olevista asioista. Ne olivat vielä liian korkealentoisia ja yleinen toteamus oli, että eivät nämä meille sovi. Lienen ollut liian aikaisin liikkeellä. Myöhemmin niihin oli tosissaan tartuttava - ja hyvä oli, että tartuttiin.

1.2.2 Professorina

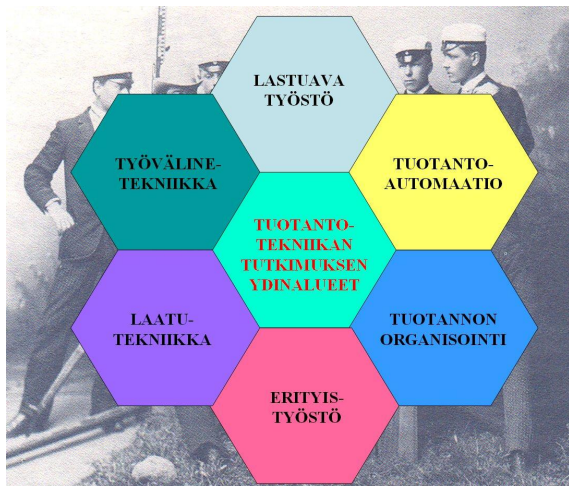
Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu tarjosi minulle mekaanisen teknologian vt. professuuria 75 %:n osuudella virasta. Halusin kokeilla opetusta ja tutkimusta, lisensiaatin työnikin oli viimeistelyvaiheessa. Rautessa oli laskusuhteiden aiheuttama työpula, joten johtoa myöten tehtiin nimellisesti nelipäiväistä viikkoa. Arvelin Lappeenrannan tarjouksen sopivan tilanteeseen. Pääsin neuvottelutulokseen ja aloitin osa-aikaisesti Lappeenrannassa. Miellyn tehtävään ja jäin sille tielle. Minulla oli harvinainen mahdollisuus sivutoimiluvan nojalla ajaa Rauten tehtäväni vähitellen alas.

Tutkin Lappeenrannan kaudella korkeakouluun yhteistyösuhteessa olevaa Ovakoa kiinnostavaa terästen lastuttavuutta. Imatralta toimitettiin yhteisiin kokeisiimme huomattava määrä koeterästä. Niiden tulos oli kattava julkaisu Suomessa käytettävien terästen lastuamisarvosuhteista.

Siirryin Lappeenrannasta vuoden 1981 alusta lukien Teknillisen korkeakoulun konepajatekniikan professoriksi, mistä virasta jäin eläkkeelle syksyllä 2005. Olen Teknillisen korkeakoulun viides konepajatekniikan professori sarjassa Uno Albrecht, Paavo Pero, oma professorini Jorma Serlachius ja edeltäjäni O. Eero Huhtamo. Otaniemessä huomasin tullessi kovin erilaiseen yliopistoon, jonka Koneinsinööriosasto oli suurempi kuin Lappeenrannan koko korkeakoulu. Monet asiat hoidettiin vanhoillisemmin kuin Lappeenrannassa. Erityisen selvästi huokui maakuntien korkeakoulujen nenänvartta pitkin katsominen - eihän sellaisista mitään hyvää voinut tulla. Sama suhtautuminen toistui TKK:n Lahteen perustamaa toimintayksikköä kohtaan. Lahden elinkeinoelämän tunteukseni johdosta minua käytettiin sekä yksikön johtokunnan puheenjohtajana että esimiehenä. Olin myös Lahden ammattikorkeakoulun perustamisvaiheen johtoryhmän jäsen.

Otaniemen ajan tutkimuskohteeni ovat jakautuneet sekä teknisiin että organisatorisiin ja ympäristöasioihin. Teknisiä kohteita ovat olleet lastuaminen, erityisesti suurnopeuskoneistus ja teräaineet

sekä lastuamismenestykset, kokoonpanotyöt ja tuotantoautomaatio sekä tietokonetuettu tuotanto. Ympäristötietoisuuden lisääntyminen toi tutkimuskohteeksi konepajojen ympäristöasiat. Konepajatuotannon organisoimisen osalta tutkin valmistusketjun yhteistyötä, erityisesti simultaanisuunnittelua, solu- ja verstauteuttua tuotantoa, juuri oikeaan tarpeeseen tuotantotapaa ja sen rinnakkaisuusmuotoja.



Kuva 1.1 TTK:n Konepajatekniikan laboratorion keskeiset aktiviteetit virkakauteni lopulla.

län myötä aktivoituneena kiinnostuksen kohteena on ollut teollisuuden ja tekniikan historia, josta myös järjestin opiskelijoille yleissivistäviä luentosarjoja.

CV:ni ja luettelo julkaisuistani sekä valvomistani diplomitöistä ovat liitteinä 1 ja 2.

1.3 Pohdinnoistani

Apurahan kohdistus on elämäntyön ja siitä saadun kokemuksen pohdiskelu. Suomalainen kone- ja metalliteollisuuskulttuuri on muuttunut merkittävästi aikana, jona olen sitä paljon mukana ollen seurannut. Jaan muutosta ajaneet voimat kahteen selkeään rinnakkaislinjaan: organisaatioiden toimintatapojen muutoksiin ja samanaikaiseen tekniseen kehitykseen. Ne toki kulkevat käsi kädessä siten, että tekniikan kehitys on paljon, joskaan ei kaikilta osiltaan (esimerkiksi menestyneitä soluja on muodostettu perinteisen tekniikan tasolla), mahdollistanut organisaatioiden kehittymisen. Näiden rinnalla tärkeä muutosvaikuttaja on työnantaja-työntekijä -suhteessa tapahtunut "ikäpolven vaihdos".

Pohdin paljon esitykseni rakennetta. Julkaisu jakautuu kahteen pääluokkaan. Ensimmäisessä tarkastellaan kulttuurin muutosta rajautuen oman toiminnan aikaan, vuosiin 1960-2008. Sen täsmäkäsittely ei salli taustojen ja liityntöjen rönsyilevää kuvausta, josta toinen luku rakentuu. Sen aikaikkuna on taustojen selventämiseksi myös ensimmäistä lukua laajempi. Toivon, ettei valitsemani, kieltämättä selailua ja etsimistä vaativa jaottelu, ole lukijan kannalta hankala. Pyrin saamaan osien otsikkonumeroinnin vastaamaan toisiaan, mikä osoittautui esitettyjen asioiden erilaisuudesta johtuen mahdottomaksi.

Tarkastelun kohdistuminen paljolti Rautteen voi näyttää rajoittuneisuudelta. Puolustukseksi totean seuranneeni Rauten kaudellani uteliaana menettelytapoja muissa konepajoissa ja todenneeni ne tuolloin (1960- ja 1970-luvuilla) varsin yhdenmukaisiksi. Professorin työ puolestaan on tarjonnut mainion mahdollisuuden koko kotimaisen ja myös joiltain osin ulkomaisenkin kentän seurantaan, mikä toki on ollut alan kehityksen eturintamassa pysyttelemisen edellytys.

Muistiinmerkintäni ja pohdintani tuskin tuovat päivänvaloon paljoakaan uutta. Toivon niiden osaltaan auttavan kokonaisuuden hahmottamista, josta voi olla hyötyä ajallisesti lyhyemmän perspektiivin omaavalle, nyt alan kilpailukykyä ja kehityksestä vastaavalle nuoremmalle konepajaväen sukupolvelle.

1.4 Suomalainen konepajateollisuus

Taustoitusta on luvussa 2.2

1.4.1 1960-luvun konepajojen ykkösketju ja nykykärki

Seuraavaan on kirjattu opiskeluaikani ja urani alkukauden ykkösketjun konepajoja, joiden listaus tuskin on täydellinen. Useimmilla näistä oli takanaan mittavat sotakorvaustoimitukset, jotka olivat sekä kasvattaneet niitä että vaatineet sekä konepajateknistä että tuotannon järjestelytapojen kehittämistä. Kävin näissä sekä opiskeluaikani ekskursioilla että uteliaana nuorena insinöörinä. Niitä pidettiin hyvinä ja edistyskäsittelyinä konepaja-

tekniikan osaajina ja niistä haettiin oppeja sekä esikuvia. Verstasväen keskinäinen kanssakäyminen oli mm. Konepajamiehet ry:n puitteissa vilkasta - matkustaminen oli tuolloin vielä nykyistä vähäisempää. Vaikka joissain tapauksissa kuvitelluistakin kilpailusyistä ei esimerkiksi markkinoinnissa katsottu hyväksi eri yritysten välisiä suhteita, se ei koskenut valmistusteknistä henkilöstöä. Yhteisistä asioista keskusteltiin hyvinkin vapaasti periaatteella jos voin nyt auttaa niin saan myöhemmin itse apua.

Ykkösketjuun kuuluivat ainakin:

Fiskarsissa: Fiskarsin tehtaas
Helsingissä: myöhemmin Hyvinkäälle siirtynyt Kone, Strömbergin Pitäjänmäen tehdas, (sittemmin ABB) sekä myöhemmin Järvenpäähän siirtynyt Wärtsilän Kone & Silta ja Wärtsilän Hietalahden telakka.
 Vastaavan aseman aikanaan saavuttanut Neles oli kehityksensä alussa.
Jyväskylässä: Valmetin Jyskän, Rautpohjan ja Tourulan tehtaas
Karhulassa: A. Ahlströmin konepaja ja valimo
Karkkilassa: Högforsin valimo ja konepaja
Lahdessa: Lahden Rautateollisuus - Raute ja UPO:n valimo sekä konepaja
Mäntässä: G.A. Serlachiuksen konepaja
Nokialla: Valmetin moottoritehdas
Porissa: Rauma-Repolan ja Rosenlewin konepajat
Raumalla: Lönnströmin tehtaas
Riihimäellä: Sako
Savonlinnassa: Enso Gutzeitin Lypsniemen konepaja
Tampereella: Lokomo, Tampella ja Valmet
Turussa: Wärtsilän telakka ja konepaja, Valmetin Pansion telakka
Vaasassa: Wärtsilä, Strömberg
Valkeakoskella: Yhtyneiden Paperitehtaiden Jylhävaaran konepaja
Varkaudessa: A. Ahlströmin konepaja

Useimmat mainituista konepajoissa jatkavat edelleen - osa muuttunein nimin ja omistuksin - ja monet lukeutuvat nykyiseenkin ykkösketjuun. Merkittävin "suuri ruumis" on ollut Tampella.

Tarkastelukauden alun ketjun rinnalle on mielenkiintoista rakentaa nykyinen ykkösketju, mikä ei ole yksinkertaista. On huomattava, että monet pienet yksiköt kuuluvat oman kapean sektorinsa maailman johtaviin toimittajiin, ja että alihankintakonepajoja on liittynyt valtakunnallisiksi yhtiöiksi. Eräs suurempien yritysten edellisen listauksen ympärille rakennettu ja varmasti puutteellinenkin listaus voisi olla:

Billnäsissä: Fiskars Brands Finland
Helsingissä: ABB eri tehtaas Pitäjänmäellä, Metso Field Systems (aiemmin Neles ym.)
Hyvinkäällä: KCI Konecranes, Kone Hissit
Hämeenlinnassa: Patria, Sisu Axles
Joensuussa: Abloy, John Deere Forestry
Jyväskylässä: Metso Paper, Metso Foundries, Moven-tas
Järvenpäässä: Metso Paper, Rocla
Karhulassa: Sulzer Pumps Finland
Karkkilassa: Componenta, SEW Industrial Gears
Lahdessa: Asko Kodinkone, Kemppli, Peikko, Sandvik Mining and Construction
Mäntässä: Sulzer Pumps Finland
Nastolassa: Raute
Nokialla: Sisu Diesel
Porissa: Metso Paper
Raumalla: Oras
Riihimäellä: Sako
Savonlinnassa: Andritz
Suolahdessa: Valtra
Tampereella: John Deere Forestry, Kalmar Industries, Metso Lokomo Steels, Metso Minerals, Sandvik Mining and Construction
Turussa: STX Europe (aik. Aker Yards ym.), Fläkt Woods, Häkkisen konepaja
Uudessakaupungissa: Valmet Automotive
Vaasassa: ABB, Wärtsilä
Varkaudessa: Foster Wheeler Energia

1.4.2 Konepajojen tuotteistot

1.4.2.1 Konstruktiot

Kaiken mahdollisen, mitä asiakkaat vain keksivät tilata, valmistaminen on ollut suomalainen konepajaperinne, mistä johtuen tuotteiden laatutaso jäi alhaiseksi. Omaperäisen tuotekehityksen osuus oli vähäinen, enemmänkin jäljiteltiin koti- tai ulkomaisia esikuvia. Sodan aikana konepajat valjastettiin sotamateriaalin tuotantoon. Jotkut konepajat kehittivät osalleen tulleista sotakorvaustuotteista valmisteita vapaille markkinoille - esimerkiksi Valmetin, sittemmin Kalmarin, puunkuljetuskoneesta kehitetty lukki - toiset taas joutuivat hakemaan uudenlaista valmistettavaa.

Suomen Metalliteollisuusyhdistyksen jäsenyritysten valmisteiden kuvitetut luettelot vuosilta 1949, 1955 ja varsinkin 1960 /161/ antavat mainion kuvan suomalaisten konepajojen aikansa tuotteistosta. Vuoden 1960 jälkeen näitä luetteloita ei enää julkaistu. Tuolloisen tuotteiston juuret olivat tukevasti sotaa edeltäneessä sekavalmistuksessa ja sotakorvausten tilalle nopeasti improvisoiduissa tuotteissa. Toki jotkut yritykset olivat jo erikoistuneet tai erikoistumassa

sekavalmistusta kapeammille tuotesektoreille.

Markkinoiden muuntuessa myyjän markkinoista uudenlaista kilpailukykyä edellyttäviksi ostajan markkinoiksi yritysten oli pakko siivota ja kohentaa tuotteistojaan. Monet valitsivat sittemmin oikeaksi osoittautuneen valittuun tuotesortimenttiin keskittymisen. Tuotteiden muotoiluunkin alettiin kiinnittää huomiota. Wärtsilän Järvenpään konepaja esimerkiksi palkkasi ensimmäisten joukossa oman teollisen muotoilijan. Jotkut yritykset, kuten Sisu Auto ja Kone ovat käyttäneet muotoilutoimistojen palveluksia. Moduulikonstruktiot ovat osaltaan selkeyttäneet tuotteistoja ja siten antaneet valmistukselle mainion pohjan tuotannon rationaaliseen järjestämiseen.

Piirustuslaudat korvautuivat tietokoneilla, kun CAD:in käyttö opittiin ja se arkipäiväistyi. TKK:n juhluvuoden 2008 näyttelyyn jopa oli vaikea löytää mistään piirustuslautaa. Tuotesuunnittelussa luotu tietokanta taipuu nykyään valmistustekniseksi informaatioksi, kuten numeerisesti ohjattujen työstökoneiden koneistusohjelmiksi.

Elektroniikan ja tietotekniikan nopea kehitys toi konepajojen tuotteisiin "mekatroniikkailmion", mikä näkyi toisaalta elektroniikkasuunnittelijoiden lukumäärien lisääntymisenä tuotesuunnittelussa ja toisaalta tuotteiden rakenteissa "raudan" suhteellisen määrän vähenemisenä.

Yritysten toimintatavoissa on jo tapahtunut ja ilmeisesti kiihtyvästi tapahtumassa muutos laitteiden toimittajasta ratkaisujen ja palvelujen toimittamiseen. Vientiveturikonepajojemme nykyiset tuotteet ovat aivan muuta kuin neljäkymmentä vuotta sitten. Sen ajan tuotteet eivät tietenkään enää olisi edes myytävissä. Tuotteiden elinkaariajattelun myötä niiden huolto ja muu ylläpito on noussut tilaajan valinnoissa ratkaisevaan asemaan samalla kun niistä on tullut alalle erikoistuneiden yritysten liiketoimi. Myös aikanaan väistämättä tapahtuva tuotteen romuttaminen vaatii osakseen huomiota.

Tuotesuunnittelun ulkoistaminen on nopeasti lisääntynyt. Alalle on syntynyt

merkittäviä yrityksiä, kuten pörssiyhtiö Etteplan Oy.

1.4.2.2 Tuotekehitys

Konepajojemme tuotekehitys oli toiseen maailmansotaan saakka muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta - kuten Abloy-lukko ja eräät aseet - suurimmalta osin jäljittelyä ja improvisointia. Hankittiin valmis tuote tai käytiin katsomassa sellaista ja tehtiin samanlainen tai hiukan poikkeava.

Esimerkkinä mainittakoon isoisäni osakaana johtama turkulainen Auran Konepaja, jossa päätettiin ryhtyä valmistamaan käsikäyttöisiä talousmankeleita. Ostettiin saksalainen mankeli ja ryhdyttiin tekemään samantapaisia. Mallimankeli on vieläkin huvilallamme.

Sodan ajan ja sotakorvaustuotannon päätyttyä konepajojen oli löydettävä uusia tuotteita. Tuolloin huomattiin yrityksen oman tuotekehityksen tarve, mikä johti vähitellen "oikeaan" tuotekehitykseen, edustavana esimerkkinä paperikoneet /232/. Päätoimisia tuotekehittäjiä alettiin rekrytoida konepajoihin 1960-luvulla. Tietoteknisen kehityksen tarjoama apu, erityisesti FEM-laskenta ja CAD-suunnitteluohjelmat helpottivat sittemmin käyttöön tullessaan huomattavasti tuotekehitystä ja -suunnittelua.

Metallialan yritykset halusivat olla tuotekehityksessään vielä koko 1900-luvun omavaraisia. Uuden ajattelun airuita toki oli, esimerkkinä hollolalainen muovituotteiden valmistaja Eimo Oy. Rautessa tuli eteen tiettyjen rakenteiden muuttaminen metallisista muovisiksi. Yrityksessä ei kuitenkaan ollut lainkaan muovialan osaamista. Eimon omistaja-johtaja Unto Eilamo, aiempi Rauten sorvari, tuli luokseni sanoen: "Antakaa meidän suunnitella teille osat, kun ette itse osaa. Eikä maksa mitään. Minä pidän sitten huolen, että me saamme tilauksen".

Toinen vastaava esimerkki on Nastolalainen Levypyörä Oy, joka sai Valmetin traktoritehtaalta välirungon tarjouspyynnön. Sen konstruktio oli nastolalaisten mielestä tökerö. He suunnittelivat ja tarjosivat vaihtoehtoisen, oman tuotantokalustonsa, mm robottihitsauksen, ehdoil-

la taloudellisesti valmistettavan rakenteen. Uudessa välirungossa oli esimerkiksi hitsausaumaa olennaisesti vähemmän kuin Valmetin konstruktiossa. Levyppyörästä tuli välirungon pitkäaikainen toimitaja.

Tuotekehitys kuuluu nykyisten yritysten avaintoimintoihin, johon rekrytoidaan parhaat omat ja ulkopuoliset voimat. Ajallinen hektisyys on tuotekehityksen eräs kriittinen reunaehto.

1.4.2.3 Laajeneva materiaaliveikko

Tarkastelujaksolla on otettu käyttöön ennen totutusta huomattavasti uusiutunut ja laajentunut materiaaliveikko. Suomugrafiittirautojen, rakenne-, hiiletys- ja nuorrutusterästen sekä kuparimetallien ja alumiinien ja valettujen silumiinien rinnalle on tullut joukko uusia materiaaleja. 1960-luvulla esimerkiksi käytettiin alhaisen hinnan takia vielä paljon kuuma- valssattuja "mustia" ohutlevyjä, jotka valmistuksen laatuvaatimusten tiukentumassa pian lähes kokonaan korvautuivat kylmävalssatuilla ohutlevyillä.

Esimerkiksi seuraavien metallien käyttö on lisääntynyt:

- pallografiittiraudat
- ruostumattomat ja haponkestävät teräkset sekä koneistettavissa osissa että teräsrakenteissa
- lujat teräkset, varsinkin teräsrakenteissa
- titaanit ym. aiemmin harvinaiset metallit ja niiden seokset.

Materiaaliveikon laajeneminen edellyttää valmistustekniikoiden päivittämistä ja osin uudistamista.

1.4.3 Kulkuneuvoteollisuus uusien tuulien alla

Suomi ei ole kulkuneuvoteollisuuden, kuten autojen sarjavalmistuksen luontainen sijaintimaa, vaikka toki on laivanrakennukselle suotuisa. Kulkuneuvoteollisuus on tiukasti kilpailtu toimiala, jossa menestyminen on edellyttänyt uusien tuotantotapojen nopeaa soveltamista. Kulkuneuvoteollisuutemme onkin ollut monessa suhteessa myönteinen pioneiri, jonka kokemuksia muu konepajateollisuus on seurannut ja saanut niistä esikuvia omalle toiminnalleen.

Kulkuneuvoteollisuuden on menestyäkseen oltava innovatiivinen ja uusinta tekniikkaa nopeasti soveltava, missä se toimii hyvänä "benchmarkkauksen" verrokkina muulle konepajateollisuudelle. Kulkuneuvoteollisuuden esimerkki konepajateollisuudellemme on ollut merkittävä, samoin sen työllistävä ja alihankintoja lisäävä vaikutus. Monien kulkuneuvojen hinnat ovat pysyneet pitkiä aikoja suhteellisesti samoina, mutta niihin sisältyy valtavasti uusia ominaisuuksia.

Puisia junavaunuja valmistettiin ja niiden enemmästä valmistuksesta oli suuria suunnitelmia jo autonomian aikana. VR on valmistanut ja korjannut vaunuja jatkuvasti. Tarkastelujaksolle sijoittuu junavaunutehtaan perustaminen Rautaruukin aloitteesta. Sen menestys on aaltoillut ja omistus vaihtunut useita kertoja. Vetureiden valmistus keskittyi Tampereen seudun konepajoihin. Sotakorvauksiin sisältyi suuri määrä vetureita. Rautatiekaluston valmistus jatkui niidenkin jälkeen, viimeksi Valmetin "Lentokone-tehtaalla". Myös pieniä erikoisvetureita, kuten järjestelyvetureita, valmistettiin erään insinööritoimiston hankkeena. Veturien valmistus on kuitenkin kuihtunut, osin poliittista ratkaisusta johtuen.

Turun Rautateollisuus lienee harkinnut 1900-luvun alussa autojen valmistusta. Johtajan poika lähetettiin tuolloin "Amerikan oppiin". Autoa varmaan pidettiin liian vaikeana tuotteena, joten Kullervo-traktorin tuotanto käynnistyi. Kuorma-autoja valmistavia yrityksiä oli kaksi: Sisu ja Vanaja, jotka sittemmin fuusioituivat. Sisu jatkaa Karjaalla modernina kokoonpanotehtaana ja siitä eriytynyt akselistotehdas Hämeenlinnassa.

Hämeenlinnan akselistotehdas (nyk. Sisu Akselit Oy) rakennettiin "vihreälle kedolle". Sen layout oli alun perin kompakti ja valmistuksessa käytettiin moderneja ratkaisuja, kuten FMS-tekniikkaa. Akselistotehdas on ensimmäinen suomalainen tehdas, jossa täysin palvelut FM-järjestelmä purettiin. Kahden työstökoneen FMS korvattiin suuremmalla järjestelmällä. Tehtaan teknisiä ratkaisuja käytiin paljon katsomassa.

Traktoreita valmistettiin turkulaisen Kul-lervon jälkeen muutamana lyhyeksi jääneenä kokeiluna. Valmetin käynnistämällä traktorien valmistuksella on ollut kantavuutta, joskin sen omistuspohja on elänyt. Suolahteen rakennettu tehdas on koko toimintansa ajan ollut teknisesti moderni ja uusia tuotannon organisointi- sekä valmistusmenetelmiä aktiivisesti etsivä ja soveltava ja siinä mielessä myös yleinen tutustumiskohde. Traktorien, leikkuupuimurien ja metsäkoneiden valmistamisella on läheisiä liittymiä nykyisen Sisu Diesel Oy:n moottorituotantoon.

Henkilö ja paketti/pienkuorma-autojen valmistusta, lähinnä kokoonpanoa, harkittiin ennen Valmetin autotehtaan perustamista satunnaisina hankkeina (Mekes, Wihuri/Teijo 1974). Ne kuitenkin eivät edenneet alkuhaparointeja pitemmälle.

Erilaisesta tuotesortimentista ja volyy-meistä johtuen kulkuvälinetehtaita on vaikea vertailla. Varmaan modernein ja monipuolisimmin uusia tuulia haistellut sekä käyttöön ottanut tehdas on Valmetin Uudenkaupungin autotehdas. Suomessa sijaitsevan kokoonpanotehtaan kilpailu- asema on haastava, mihin se on kyennyt oivallisesti vastaamaan ja menestynyt mainiosti toiminnan tehokkuusvertailuissa, esimerkiksi ruotsalaisia vastaan. Tehtaan automaatio-, kuten robotoinnin aste, on alan tapaan korkea. Tuskin tehdas muuten enää toimisikaan.

”UKI:ssa” otettiin tosissaan niin laatuasiat kuin jot ja lean sekä heikkojen signaalien tulkinta. Autotehdas oli aktiivinen MET:n komiteoiden ja projektien taustayritys, jonka henkilökuntaa käytettiin paljon seminaarien luennoitsijoina. Autotehdas on ollut konepaja-ammattilaisten ja toki muidenkin suosittu tutustumiskohde. Lisää asiasta kerrotaan Juhani Linnoisen kirjassa ”Katto pois”.

Suomalaisten erikoisautojen tunnetuin edustaja lienee miehistönkuljetusvaunut (Patria, Sisu). Niissä on runsaasti vaativia sotateknisiä ratkaisuja. Valmistustekninen haaste on esimerkiksi ollut lujien terästen hitsaus, jota Hämeenlinnassa on onnistuneesti kehitetty. Ajan hengen mukaan Patria on ulkoistanut valmistustaan, kuten hitsausta, partnereille muodostamassaan

teollisuuspuistossa. Patrian joutuminen lahjusepäilyjen kohteeksi voi muodostua sille paitsi vaikeaksi imagokysymykseksi myös vaikuttaa tulevaan kaupankäyntiin.

Muita erikoisautoja ovat esimerkiksi palo-autot ja ambulanssit, joita niitäkin Suomessa on valmistettu ja valmistetaan edelleen. Erikoiskulkuneuvoihin voi lukea myös porilaiset leikkuupuimurit, moottorikelkat ja metsätyökoneet, mm Ponsse Oy, sekä Sandvik Mining and Construction Oy (ent. Tamrock), jonka tuotteistoon kuuluvat kaivosteollisuuden koneet. Pyörälustalle asennetut murskaimetkin (Metso Minerals) voi lukea tähän ryhmään.

Lentokoneita rakennettiin sodan alla ja sen aikana Valmetin lentokonetehtaalla. Jo sen ajan lentokoneenrakennus oli vaativaa, mitä kuvaa se, että sodan aikaisen lentokonesuunnittelun henkilöstöstä tuli useita TKK:n professoreja. Lentokoneenrakennus kuihtui kuitenkin pois, kunnes sille tuli puolustuslaitoksen tilauksien myötä uusia, teknisesti mielenkiintoisia ja vaativia haasteita, joihin kansainvälisten suuryhtiöiden alihankkijaksi noussut Patria vastaa. Suomalaisen ilmailuteollisuuden tilannetta on tarkasteltu vuonna 2008 julkaistussa ILO-raportissa. Kolmen yrityksen, Finnairin, Patrian ja Instan (puolustuselektroniikka- ja automaatio-yhtiö, aiemmin Instrumentarium) asema alalla on hallitseva. Ilmailuteollisuudessa lasketaan olevan reilut 3 000 työpaikkaa ja sen vuosiliikevaihdoksi arvioidaan 420 miljoonaa euroa.

Laivanrakennus on perinteinen suomalainen toimiala, joka keskittyi metallin käyttöön, kun puu syrjäytyi laivojen runkomateriaalina. Sotakorvauksiin kuului useita laivoja, joita Neuvostoliitto osti myös korvausajan jälkeisessä vapaassa kaupassa. Suomalaisen laivanrakennuksen nykyiseen tuotepalettiin kuuluvat jäänmurtajat ja loistoristeilijät. Ala on kovasti kilpailtu ja maailmanlaajuisia myllerryksiä kokenut. Nykyinen Aker Yards, uudelta nimeltään STX Europe, rakentaa parhaillaan maailman suurimpia Genesis-luokan risteilijöitä. Risteilijän valmistaminen on jo projektinhallinnan osalta vaativa tehtävä. Laivan runkotyö on hitsausvaltaista, mistä johtuen hitsaus-

menetelmien jatkuva kehittäminen on alalla menestymisen edellytys.

Oma episodinsa on Rauma-Repolan suomalaisen, erikoisteräksisen syvänmeren sukelluskellon kansainväliseen valtapoliitiikkaan kietoutunut kehitys. Erikoisuutena mainittakoon myös Tanan kaatopaikkajyrät.

Laivanrakennus on synnyttänyt suomalaisia innovaatioita, kuten Azipod-potkurilaitteistot, joiden valmistaminen ja innovatiivinen sähkötekniikka on avannut konepajateollisuudellemme uusia mahdollisuuksia.

Vaikeissa olosuhteissa, kuten jääkentillä toimiminen on keskeinen suomalainen tutkimuskohde, jonka osaamista hyödyntävä Aker Arctic kuuluu maailman kiistattomaan kärkeen.

1.4.4 Kaivannais- ja metallien perusteellisuus

Metallien perusteellisuus valmistaa metalli- ja konepajateollisuudelle malmeista, harkoista ja romusta puolivalmisteita, kuten takeita ja levyjä, tankoja sekä muita muotovalmisteita. "Alan kolme suurta" ovat useilla nimillä toiminut Ovako Bar, Outokumpu ja siitä eronnut Luvata ja Rautaruukki. Osin samansisältöisestä peruskoulutuksesta huolimatta vuorinsinöörit ja konepajainsinöörit ovat olleet kummallisen eriseuraisia, mistä johtuen toimialojen välinen raja on turhan korkea. Konepajaväki ei liiemmin osallistu Vuorimiesyhdistyksen eikä perusmetalliväki konepajayhdistysten toimintaan. Ristikäisjäsenyydet ovat harvinaisia. Asia on toki noussut pohdinnan kohteeksi, kuitenkin ilman merkittäviä tuloksia.

Kaivannaisteollisuus on taantumavaiheen koettuaan jälleen nousemassa tärkeäksi teollisuuden alaksi, jolle konepajat toimittavat koneita ja laitteistoja. Tämä on merkittävä kulttuurinmuutos.

Kaivannaisteollisuus oli Suomessa jo hiipumassa, mikä näkyi myös TKK:n vuoriteollisuuskoulutuksessa. Jo auringonlaskun alaksi tuomittu kaivannaisteollisuus on kuitenkin kokenut metallien maailmanlaajuisen kysynnän myötä uuden nousun. Talvivaaran mittava kaivosshanke on valmistumassa ja muita vastaavia

suunnitteilla. /104/ Alan kansainväliseksi konsultiksi on noussut Outokummusta eriytetty Outotec Oy.

1.5 Metalli ja koneteollisuuden suhdanteista ja trendeistä

Taustoitusta on luvussa 2.2

1960-luvun puoliväliltä alkavaan tarkastelukauteen sijoittuu luonnollisesti nousu- ja laskusuhdanteita, jotka ovat joko hidastaneet, tasoittaneet tai vauhdittaneet metalliteollisuuden kehitystä. Sen tuotanto on pisimmillään yhtäjaksoisesti kasvanut 12 vuotta vuosina 1978-1989 ja 11 vuotta vuosina 1992-2002 (mihin tämä tilasto päättyy). Kasvu on jatkunut vuoteen 2008 saakka).

Tarkastelukauden alkuosa, 1960- ja 1970-luvut olivat lakkoherkkää aikaa. Tuolloin esiintyi sekä laillisia että laittomia lakkoja. Talven 1971 seitsenviikkoinen lakko oli pituudeltaan merkittävä työnseisaus.

Tasaantumisen tai taantumauksen kausia koettiin 1960- ja 1970-lukujen loppuilla. Metalli- ja koneteollisuuden 1980-luvun kasvu kääntyi koko talouselämän mukana 1990-luvun alkuvuosina syväksi laskusuhdanteeksi ja palasi uudestaan kasvuuralle vasta parin vuoden kuluttua. 2000-luvun alkuvuodet, varsinkin vuodesta 2004 alkaen, ovat olleet suotuisan suhdanteen aikaa. Konepajoilla on ollut korkea kuormitus. Työmäärästä selviäminen on edellyttänyt alihankintoja samalla kun työvoimasta esiintyi pahenevaa niukkuutta. Vuoden 2008 aikana maailmantalouteen on tosin tullut suurta epävarmuutta, mikä vaikuttaa tulevaan tilauskantaan.

Neuvostoliiton lakkaaminen ja "uuden Venäjän" syntyminen ajoittuvat 1990-luvun vaikeisiin alkuvuosiiin. Neuvostoliiton perinteisen kaupan kuihtumisessa oli jopa katastrofin aineksia. Kaupan dramaattinen pudotus ohitettiin kuitenkin kestokyvyn rajoissa olevin vaurioin, joskin se osaltaan syvensi taloudellista taantumaa.

Tarkastelukaudella vallinneita megatrendejä ovat olleet:

- teollistuminen
- poliittinen länsi-itä -vastakkainasettelu

- poliittinen deliberalisointi
- globalisoituminen ja maailman "pienentyminen"
- väestön ikääntyminen, erityisesti läntisissä maissa
- IT-boomi

Nämä seikat vaikuttavat tietysti tapahtuneen taustalla. Teollistuminen on jo tarkastelukauden alkaessa edennyt lopuilleen. Länsi-itä -vastakkainasettelu tuli Neuvostoliiton alasajon myötä tiensä päähän. Kolme viimeisintä trendiä ovat vasta ajankohtaistuneet.

Tulevina megatrendeinä pidetään

/mm. 107/:

- kokonaistuotannon rakennemuutos; kehittyneet/kehittyvät markkinat; maailmantalouden painopisteen siirtyminen Euroopasta ja Yhdysvalloista BRIC-maihin (Brasilia, Intia, Kiina, Venäjä)
- energia-raaka-aineet-ympäristökysymykset; lisääntyvä tarve suojella ympäristöä
- tekniikan kehitys ja uusien tekniikoiden läpimurto
- lisääntyvä epävarmuus ja yllättävä, säännöistä poikkeava käyttäytyminen
- terveydenhuollon kasvava merkitys
- elintarviketuotanto ja elintarviketeknologiat.

On muistettava monien tuotteiden, kuten kulkuneuvojen, hintojen säilyneen samalla tasolla, vaikka niissä on samalla rahalla huomasti enemmän ominaisuuksia.

1.6 Konepajatekniikan arvostuksesta, opetuksesta ja tutkimuksesta

Taustoitusta on luvussa 2.5.

1.6.1 Alan arvostus

Konepajatekniikan hyvää hallintaa on konepajoissa pidetty tärkeänä. Mekaaninen teknologia oli myös Teknillisen korkeakoulun alkutaipaleella arvostettu opetusala. Korkeakoulun vanhimpiin väitöskirjakäsikirjoituksiin kuului Toivo W. Salosen tutkimus vuodelta 1917 "Metallilastun irtaantumisen riippuvaisuus veisto-olosuhteista". Sen hyväksyminen kuitenkin kohtasi silloisista vakiintu-

mattomista menettelytapaohjeista johtuvia vaikeuksia ja Salonen jäi vaille tohtorinarvoa.

Tekniikan painotukset ovat sittemmin aikojen mukana niin elinkeinoelämässä kuin yliopistoissakin vaihdelleet. Perustekniikoiden rinnalle on noussut uusia, usein nuoria tekniikoita, tieteenaloja ja niitä edustavia oppituoja. Konepajatekniikan arvostus on tässä myllyssä ollut heiluriliikkeessä välillä kasvaen ja välillä vähentyen. Nykytilanne antaa aihetta tiettyyn huoleen.

MET:n julkaisutoiminta alkoi kesällä 1946, kun Kovametallikomitean julkaisut ilmentyivät Metalliteollisuusyhdistyksen teknisinä tiedonantoina. Konepajateknisen tutkimuksen pääfoorumi oli 1980-luvun lopulle MET. Monessa hyvässä asiassa aloitteellinen ja aikaansaava Arno Saraste puhui 1970/80-luvuilla sen teknillisessä komiteassa tulisieluisesti julkaisutoiminnan lisäämisen puolesta. Pian alkoikin tapahtua ja nimitetyt eri alojen toimikunnat tuottivat merkittävän määrän "sinikantisia" teknisiä tiedotuksia. Ne kohdistettiin aloille, joista arveltiin olevan tiedon tarvetta. Jälkikäteen arvioiden useimpien kohdennus oli napakymppi. Julkaisujen taustatyönä oli usein MET:n kustantama diplomityö. Muilta osin työ tehtiin talkoina ja "Palacen mahapalkalla".

Kadonneen menetelmäkehityksen alasajoa 1990-luvun alun laman myötä ja siitä johtunutta menetelmähenkilöstön likvidointia on syystä surtu. Menetelmähenkilöstön tapaan muukin tuotannon kehityshenkilöstö konepajoissa on niukentunut ja sellaisten rekrytoinnin kynnyks on korkea. Tässä suhteessa voisi ajatella, että tekniikan oppilaitosten tukea olisi vieläkin nykyistä enemmän suunnattavissa yritysten tueksi, mikä varmasti olisi kansantaloudellisesti kannattavaa ja toisi opetukseen lisää toden tuntua. Konepajojen kehitystyö tuskin kuitenkaan voi olla pelkästään opinnäytetöiden ja satunnaisten projektien varassa.

MET:n aktiivisuus tuki aikanaan merkittävästi valmistustekniikan arvostusta. 1980-luvun MET:n hankkeissa tunsivat olevansa vahvasti mukana kehityksen kärjessä. Akateemisia meriittejä näistä

talkoista ei juuri herunut, mutta yhteisellä asialla oleminen toi mielihyvää. Vasta nyt yliopistoissa on alettu tunnustaa "kolmannen tehtävän" arvo ja oikeutus.

MET:n konepajateknisen tutkimuksen 1980-luvun linjajako oli: Tuotannon suunnittelu; Tuotesuunnittelu; Valimotekniikka; Lastuava työstö; Levytekniikka; Hitsaustekniikka; Pintakäsittelytekniikka; Laatu; Materiaalitekniikka. Toimikunnat järjestettiin uudelleen vuonna 1989 karsimalla ja yhdistämällä niitä. Jokut toimikunnat saivat jatkajia, kuten lopetettusta levytekniikan toimikunnasta muodostunut Ohutlevyalan toimialaryhmä OLATAR, sittemmin Ohutlevytuotteet -toimialaryhmä.

Nykyinen Teknolוגiateollisuus ry keskittyy toisenlaisiin hankkeisiin keskittyvä kuin aikansa MET. Peruskonepajatekniikka on ajettu sivuraiteelle. Jo MET:n ajan viime vuosina Konepajatekniikan toimikunta ja muut vastaavat alakohtaiset toimikunnat ensin fuusioitiin yhdeksi Valmistustekniikan toimikunnaksi, joka sekin sitten lopetettiin "tarpeettomana". Toki Teknolוגiateollisuuden maaliskuun 2008 KOMEE-seminaarissa peräänkuulutettiin jälleen myös korkeatasoista tuotantotekniikan osaamista. Aivan viime aikoina Teknolוגiateollisuus on jälleen aktivoitunut valmistusteknisen osaamisen ja tutkimuksen suhteen ja käynnistänyt sen suomalaisia edellytyksiä ja kilpailukykyä koskevia hankkeita.

Tekes on linjannut tulevia tutkimuspainotuksiaan /163/. Valmistustekniikka ei ole noussut valittuihin strategisiin teemoihin. Aiemman osaamiskeskusajattelun metalli-klusterissa sentään mainitaan kymmenen vuoden tähtäyksellä "tuotantoteknologia, logistiikka, hankintaosaaminen" ja niitä seuraavien kymmenen vuoden tähtäyksellä "uudet tuotantojärjestelmät (esim. minitehtaot)". Tekesin julkistukset lienee tulkittavissa siten, että innovatiivisuus, liiketoimintaosaaminen ja materiaalit on nostettu korkeisiin prioriteetteihin.

Konepajatekniikka ei laajempien kansalaispiirien keskuudessa koskaan ole ollut "mediaseksikästä". Tieteen päivien tyyppiin tilaisuuksiin ei meitä juuri pyydetty. Ainoa omakohtainen poikkeus oli kutsuttu

puheenvuoro Helsingin yliopiston Studia Generaliassa. Sekään ei tosin johtunut konepajateknisestä taustasta, vaan liittyi eettiseen teemaan "Mikä on oikein". Käsittelin aseteollisuutta tekniikan kehityksen veturina.

Perustavaa laatua oleva kulttuurinmuutos on valmistuksen putoaminen yritysten kehitysvisioiden ja -panostusten kärkiryhmästä. Ydinosaaminen ei enää ole valmistus, vaan tuotekehitys ja markkinointi. En salaa huoltani konepajatekniikan aseman murenemisestä. Kysymys kuuluukin, onko sen sata vuotta sitten loistokas maine lopullisesti mennyttä maailmaa vai nouseeko ala feenix-linnun lailla tuhkasta ja mitä nousun edistämiseksi olisi tehtävä. Tuotteet on toki valmistettava, mihin tarvitaan tuotantoteknistä osaamista ja sen jatkuvaa kehittämistä.

Tuoreiden muutosten myötä huoleni laajenee koko koneenrakennusta käsittäväksi. Pidän alan kannalta tuhoisana päätöksenä haudata perinteinen Kone-insinööriosasto uusien rakenteiden alle, mikä TKK:ssa on juuri tehty. Se on mielestäni lopullinen niitti kehitykselle, jossa konetekniikkaa on muiden tieteenalojen kustannuksella aliresursoimalla jo vuosia näivetetty. Olisi hyvä miettiä ja tunnustaa, mille suomalainen talouskehitys on jo autonomian aikana ja varsinkin itsenäisen Suomen kaudella rakentunut ja mille se asiantunte mattomista mielipiteistä huolimatta näyttää edelleen rakentuvan.

1.6.2 Konepajatekninen opetus ja tutkimus

Teknisen opetuksen ja tutkimuksen yliopistotasolla on kahdenlaisia oppituoleja, toisaalta luonnontieteitä ja lähellä niitä olevia tutkimusintensiivisiä teknillisten tieteiden ja toisaalta perustekniikan alojen professuureja, joiden tavoite on kouluttaa päteviä insinöörejä ja tohtoreita teollisuuden ja yhteiskunnan tarpeisiin. Näiden keskinäistä ymmärtämystä ei aina ole helppo saavuttaa. Molemmilla on varmaan sijansa. Niille on vain kyettävä löytämään sopivat oppisisällöt ja tasapainot.

Tarkastelujaksolle sijoittuu konepajatekniikan/valmistustekniikan koulutuksen

aloittaminen TKK:n ohella Oulun yliopistossa ja Tampereen sekä Lappeenrannan teknillisissä korkeakouluissa. TKK:n Konepajatekniikan laboratorio määrittelee strategiassaan laboratorion asiakkaiksi opiskelijat. Korkeakoulujen niukkoja mahdollisuuksia organisoida konepajateknikassa tärkeitä tutustumismatkoja alan teollisuuteen on helpotettu sillä, että opiskelijoiden yhdistykset hoitavat niitä. Otaniemen Valmistustekniikan Kerho, VTK, on esimerkillinen ammattiainekerho, mistä on syytä olla ylpeä. Paljon on nähty ja hauskaa on siinä ohessa ollut. Opintomatkojen organisoinnille on kertynyt arvokasta kokemusta myöhempiä tehtäviä silmälläpitäen. Monia harjoittelupaikkoja ja diplomitoita on näillä matkoilla sovittu.

Olin kovin otettu, kun erään merkittävän konepajayrityksen teknillinen johtaja - silloin kun sellaisia vielä organisaatioissa oli - luonnehti ammattikorkeakoulutason ja korkeakoulutason insinöörien eroa todetessaan ottavansa avaintehtäviin mieluummin korkeakoulujen kasvatteja, joilla hänen mukaansa on selvästi "pitempi lippa". Toki parhaat aiemman opistotason ja nykyiset ammattikorkeakouluinsinöörit monesti hyvinkin vastaavat keskitason korkeakouluinsinöörejä. Kyvykyys tai sen puute ilmenee vasta uran myötä.

Korkeakouluilla ei juuri koskaan ollut riittävästi tutkimukseen osoitettavia varoja. Vähien assistenttien virkojen haltijoille olisi kuulunut tietty tutkimusvelvoite, josta usein on jouduttu muiden tehtävien paineessa tinkimään. Tutkimusrahoitus oli ennen Tekesin perustamista muutenkin kapealla pohjalla ja paljolti MET:n varassa. Suomen Akatemia rahoitti tarkoin rajattuja hankkeita ja sen rahoitusta koskivat monet hankaliksi koetut säännöt. Altavastaajasta ykköskenttään -kirjan mukaan suomalaisen toimintaympäristön merkittävät virstanpylväät ovat Sitran perustaminen vuonna 1967, VTT:n uudistaminen 1970-luvun alussa (VTT:n organisaation suuri uudistus tosin on taas menossa), Tekesin perustaminen vuonna 1982 sekä yhteisymmärryksen syntyminen julkisen T&K-panoksen kehittämisestä ja kohdentamisesta. Tekesin tulo tutkimusrahoittajaksi paransi olennaisesti rahoitusmahdollisuuksia. Tekes tosin edellyttää projekteilta tiettyä kokoa ja "tek-

nologiahyppäystä", mihin on ollut kapealaisilla hankkeilla vaikea yltää. Rahoituskentälle on tullut muitakin toimijoita, kuten Työsuojelurahasto.

Kansainvälistymisen tehokas jarru oli yliopistourani alussa matkustamisen käsittämätön sääntely. Sekä Lappeenrannassa että Otaniemessä vähät matkustusrahat olivat rehtorin takana. Ulkomaanmatkan saattoi saada kerran vuodessa tai harvemmin. Junalippu Tampereellekin oli epävarma, jos sen vuoden rahat oli käytetty. Professorin virallinen matkustusstatus oli ensimmäinen luokka. Kakkosessa silti mentiin, mikä minulle kyllä sopi hyvin. Kertausharjoituslitterat sain valtiolta upseerina säännönmukaisesti ensimmäiseen luokkaan.

Eräs ensimmäisistä ulkomaanmatkoistani korkeakoulun palveluksessa suuntautui Aachenin työstökonekollokvioon. Sain anomuksesta rahat hankkimaani halpaan lentolippuun Kööpenhaminaan. Jatkoin junalla alimmassa mahdollisessa luokassa Pariisiin junalla Rödbj-Puttgardenin lautan kautta Aacheeniin ja paluu toisinpäin. Kaksi yötä kului junassa torkkuessa. Näin toteutui myös silloinen lauantain ja sunnuntain välisen yön matkalla olosta johtunut lentolipun hinnan merkittävä alennus. Päivärahoja ei maksettu, joten matkaan tarvittyvällä ajalla ei ollut merkitystä.

Korkeakoulujen niukkojen matkustusrahojen paineessa oli matkoille päästäkseen pakko keksiä rahoitustapoja, jotta matkustamiseen ei olisi ollut tarpeen käyttää kohtuuttomasti omia varoja. Suurena apuna oli järjestely, jossa osallistuin asiantuntijatyöpanosta vastaan MET:n messumatkoille, joillain matkoilla olin jopa matkanjohtaja. Usein päivystin osuuteni MET:n ylläpitämällä Suomi-informaatio-osastolla ja autoin tarvittaessa suomalaisia messukävijöitä tulkkaussessa ja teknisessä neuvonnassa. Tämän järjestelyn turvin pääsin näyttelyihin, joista samalla kirjoitin useita katsauksia Konepajamies-lehteen. Keräsin myös tutkimukseni ja luentojeni kannalta arvokasta materiaalia. MET myös hoiti matkalaskuja vastaan matkakuluja osallistumisesta sen komiteoiden työskentelyyn, kun niitä ei muualtakaan voinut laskuttaa. Yritykset

maksoivat tavallisesti diplomi-työpalaverien matkakustannukset, kun se etukäteen sovittiin. En pitänyt joidenkin tarjoilemasta ”kerjäläisprofessorin” tittelistä.

Matkustuksen vaikeus hellitti vähitellen korkeakoulujen perustettua tukisäätiöitä. Saaduista tuloista niihin kanavoitiin varoja, joista 10 %:a jäi oppituolin käyttöön. Vakituisten henkilöstön palkkoja niistä ei voinut maksaa, mutta kylläkin hyväksytyn matkaesityksen mukaisia matkustuskustannuksia. Valvoin paljon diplomitoita, joten matkoihin alkoi olla varoja, kun ne mahdollisimman halvalla teki. Omat, joskus varsin innovatiiviset matkaviritykseni olivat usein paljon edullisempia kuin korkeakoulun käyttämän matkatoimiston hankkimat. Projektien lisääntyessä niihinkin voi sisällyttää matkoja, mikä sekin helpotti matkustamista.

Puhelimen käyttö oli rajoitettua. Valtion puhelimista sai soittaa puheluja muualle kuin korkeakoulun kotipaikkakunnalle vain tilaamalla ne puhelujen välittäjältä ja vakuuttamalla puhelun olevan virka-puhelu. Yksityispuheluita ei sallittu, koska niiden laskuttaminen erikseen oli vaikea toimenpide.

Korkeakoulujen puhelinkeskukset toimivat virka-aikana, joka aiemmin lopetti seminaarien yleisenä järjestämiskautena silloisen kesätyöajan mukaisesti jo klo 15. Koska Suomen aika oli määräävä eikä muille aikavyöhykkeille ”ollut tarpeen muulloin soitella”, niin ei soitettu. Suositus oli käyttää ”ilmaista” virkakirjettä. Jos puhelimella halusi asioida, niin kotipuhelimesta omalla kustannuksella. Sitten professorien harkintakykyyn alettiin sen verran luottaa, että professoripuhelimesta poistettiin kaukotason esto ja soittaminen virka-ajan ulkopuolella tuli mahdolliseksi. Matkapuhelinaika muutti tilanteen.

Nykyään on vaikea käsittää, miksi matkustaminen ja puhelinliikenne olivat niin säädeltyä kuin olivat. Kansainvälistyminen olisi voitu aloittaa paljon nyt tapahtunutta aikaisemmin, jos käytännöt olisivat olleet sallivampia. Kirjoitin hankalasta matkustamisesta 1980-luvun alussa jopa artikkelin Kauppalehteen.

Konepajatekniikan laboratorio pyrki huolehtimaan opetuksen tasosta. Olin yllättynyt kollegojen monista opetusta väheksyvistä mielipiteistä. Sitä pidettiin vain välttämättömänä pahana, jolla ei ollut suurtakaan väliä. Opetusansioita vähäteltiin ”saavutuksina”, joten niistä ei lisäansioita edes rahanjaossa herunut. Tilanne näyttää viimeinkin olevan muuttumassa opetusta arvostavampaan suuntaan. Laadukas opetus saattaa tulevaisuudessa jopa olla yliopistojen keskinäinen kilpailutekijä.



Kuva 1.2 Suomitietoutta jakamassa Pariisin messuilla

Konepajateknistä tutkimusta patisteltiin kansainvälistymään. Kansainvälisten projektien rahoituksen hankinta on kuitenkin ollut nihkeää. Olen koettanut hoitaa osaani kansainvälisiin seminaareihin osallistumalla. Kun päänsä sai auki, alkoi kutsuja tulla. Seminaareissa sitä paitsi syntyy hyödyllinen verkosto, josta on tutkimuksessa ollut apua. Englannin ja saksankielisiä esityksiäni on käännetty virokseksi, latviaksi, romaniaksi, serbiaksi ja ukrainaksi.

Tekniikan väitöksiä oli pitkään vähän. Konepajatekniikassa käytännöllisenä alana erityisen vähän, mistä johtuen ensimmäiset professorisukupolvet olivat diplomi-insinöörejä. Lapinleimun aloittamalla

sukupolvella oli jo lisensiaatin tutkinto. Alan vankan käytännön kokemuksen katsottiin korvaavan tohtorin tutkinto. Seuraava professorisukupolvi on jo tohtoreita, kun niitä oli saatu muutamia koulutetuksi.

Konepajatekniikassa on ollut vaikea keksiä suomalaisissa oloissa väitöstutkimuksen edellyttämää uutta, joten konepajatekninen tutkimuksemme on parhaimmillaankin ollut paljolti soveltavaa. Oma valintani on ollut teknologian nopean Suomeen siirron painotus. Olemme pitäneet tuntosarvet ulkona ja koettaneet haavia muualta uusia toimintatapoja, joille haetaan suomalaiset sovellukset. Tästä ovat versoneet paljot messu- ja näyttelymatkani. Arno Sarasten oppien mukaan aivan ensimmäiseksi on selvitettävä ”tiedot vihollisesta”, mikä monesti jää liian vähäiselle huomiolle. Saraste myös alkoi sattuvasti nimittää eri järjestelyin ulkomaille oppiin lähetettyjä henkilöitä ”haavimiehiksi”.

Nykyisen yliopistopolitiikan ja yliopistojen tulostavoitteiden mukaisesti tohtoreita on koulutettava runsaasti ja osastot sekä yksiköt ovat saaneet jatkotutkinnoista ylimääräistä rahaa. Tämä on aiheuttanut hyppäyksellisen tohtorimäärän nousun, kun samalla konepajatekniikan tapaisille aloille hyvin sopiva lisensiaatin tutkinto ei



Kuva 1.3 Kirjoittaja pitämässä key note –luentoa suurnopeuskoneistuksesta kansainvälisessä seminaarissa Krimin Sevastopolissa, Ukrainassa.

ole samaa vauhtia yleistynyt. Jopa sen poistamisesta on keskusteltu, mikä minusta olisi virhe. Tohtorien määrällinen koulutusvaade näyttää säilyvän.

Liputan toki soveltavan korkeatasoisen tutkimuksen puolesta perusteena sen antama hyöty maamme teollisuudelle, mistä näyttöjä on riittävästi. Kovin tieteellistä kirjoituspöytätyöstä konepajatekniikasta on vaikea tehdä, ja sellaisen hyöty jää helposti vähäiseksi. Konepajateknisen korkeakouluopetuksen merkittävin saavutus, josta on syytä olla ylpeä, on melkoisen insinöörijoukon pumppaaminen alan teollisuuteen, kauppaan ja yllättävän laajakirjoisesti muihinkin tehtäviin. Palaute kelpoisista kasvateista on ollut paras tunnustuksemme.

Kyvykkäät konepajatekniikan diplomi-insinöörit ovat varsinkin nousukausina sijoittuneet helposti teollisuuteen tutkijan uraa huomattavasti paremmin eduin ja urakehitysodotuksin. Vaaditaan todellista ja valitettavan harvoilta löytyvää innostusta tutkimukseen, jotta hyväksyy vaatimattomat edut ja epävarmat työsuhteet. Tämä on pääsyy konepajateknisten jatkotutkintojen aiemmin olemattomaan ja edelleenkin alhaiseen määrään. Sama asia on haitannut myös assistenttien ja projektitutkijoiden rekrytointia.

Naisopiskelijoita ei konepajatekniikassa opiskeluaikani eikä tietävästi aiemminkaan ollut. Professorikaudellani tyttöjä on ollut muutama vuodessa. Heistä on sanottava pelkkää hyvää, mitä kuvastaa naisinsinöörien sijoittuminen työelämään ja sieltä tullut palaute. Tavoite on rekrytoida vähintään sen verran naisia, että kerholle saadaan emäntä. Enemmänkin mahtuisi. Kaksi tähänastisista naisopiskelijoistamme on reservin upseereja, mikä osaltaan kuvastaa kulttuurin muuttumista.

Suomalaisen ammattikorkeakouluverkoston nopea rakentuminen on herättänyt kysymyksen käytännönläheisten alojen istumisesta tieteellisiin yliopistoihin. Ammattikorkeakouluissa toki voidaan ja on syytäkin opettaa valmistustekniikkaa. Mielestäni on ehdottomasti säilytettävä myös yliopistotasoinen valmistustekniikan opetus ja tutkimus. Ammattikorkeakoulut tehnevät sarallaan hyvää työtä. Niiden kuitenkin olisi syytä pitäytyä ammattikorkeakouluille aikanaan annetussa lestissä eikä pyrkiä rönstyilemään yli-

pistojen suuntaan. Ammattikorkeakouluja näyttää perustetun liikaa, mistä kyllä varoiteltiin. Näkyvissä on takaisinvetojen aika. Osa teknillisistä yliopistoista ja ammattikorkeakouluista myös muodostanee päällekkäisyyksiä karsivia liittoumia.

Kyvykkäät opistoinsinöörit ovat halutessaan pystyneet jatkamaan opiskeluaan diplomi-insinööreiksi. Sama mahdollisuus on ammattikorkeakoulusta valmistuneilla. Molemmat tavat ovat olleet valmistustekniikassa suosittuja. Teknikkojen koulutuksen alasajoa pidän suurena virheenä. Yritin aikanaan puhua asiasta, mutta ei minua kukaan kuunnellut. Ammattikoulujen oppilaiden hakeutumishalukkuuden ja laadun osalta hälyttäväksi valahtanut tilanne on korjaantumassa "amisten" parantuneen imagon myötä.

Suomen Akatemian raportista "Mechanical Engineering Research in Finland 2000 – 2007" voidaan suomalaisten valmistustekniikan tutkijoiden määräksi arvioida satakunta henkilöä. Tämän joukon on vaikea yltää mittaviin tuloksiin, varsinkin kun tutkijat on siroteltu useisiin eri pisteisiin eikä merkittävää tutkimuksen kohdistamista ole. Teknolomiteollisuus ry on tilanteesta huolestuneena kiinnittämässä asiaan toimenpiteisiin tähtäävää huomiota. VTT on osaltaan käynnistänyt hankkeen "Finnish Global Factory - FGF".



Kuva 1.4 Sain kunnian tutustuttaa Suomessa vierailleva konepajatekniikan tunnetuimpiin asiantuntijoihin lukeutuva M. Eugene Merchant (k. 2006) valittuihin vierailukohteisiin, joihin TKK:n ohella kuului Koneen Hyvinkään tehdas. Ottamassani valokuvassa ovat Tapio Torkki, Merchant, prof. O.E. Huhtamo ja Kari Tuominen.

1.6.3 Tuotantoinsinöörin ajankäytöstä

Jouduin Rautessa tuotantopäällikkönä hoitamaan ja neuvottelemaan monenkirjavia palkkoihin ja urakointiin, työturvallisuuteen, sosiaaliiloihin, kuten pukuhuoneisiin ja pesutiloihin sekä ruokaloihin, työterveydenhoitoon ja henkilöstön asumiseen liittyviä työsuhteasioita. Hankin esimerkiksi kolmen tehdasruokalan keittölaitteet ja lääkärin sekä työterveyshoitajan työterveysasemalla tarvitsemat kappineet. Yrityksen työsuhteasunnot ja niiden hoitaminen, kuten korjaustyöt kuuluivat tehtäviini. Joitain tehtäviä voi toki delegoida, mutta yllättävän suuri osa vaati omakohtaista osallistumista. Työntekijöiden henkilökohtaisille huolillekin oli tarvittaessa omistauduttava, kun tarvittiin asuntolainan takausta tai jotain vastaavaa.

Työriidat tulivat monesti arvaamatta ja vaativat ilmaantuessaan paljon aikaa. Joskus tuntui siltä, että neuvotellaan vain ajan kuluttamiseksi. Molemmat osapuolet arvasivat todennäköisen tuloksen tai tuloksettomuuden, mutta vääntää piti. Luottamusmiehillä oli, päinvastoin kuin tuotantovastaavalla, hyvää aikaa, jota myös käytettiin. Muussa tapauksessa tuli pyyhkeitä neuvotteluhallittomuudesta.

Turhauttavinta ajankäyttöä ja rahan haaskausta olivat pommiuhkaukset. Joku häiriintynyt soitti puhelinkeskukseen kertoen konepajalla olevan pommi, joka räjähtää silloin ja silloin. Siirsin vastuun tietysti poliisille, joka tyhjennytti tilat. Väki seisoj kadulla rukkaset suorina, kun olematonta pommia etsittiin. Tuotanto oli seis, mutta palkat juoksivat. Näytelmä toistui kolme kertaa, kunnes soitot loppuivat.

Kaikki tämä vei kuviteltua paljon enemmän aikaa, mikä vähensi tekniikan "an sich" ajankäyttöä, vaikka työpäiviä venyttikin. Konepajoihin alettiinkin rekrytoida näistä asioista päätoimisesti huolehtivaa henkilöstöhallintoväkeä.

Kulttuuri näyttää muutenkin muuttuneen. Työilmapiiri on, uskoakseni paljolti sukupolvien vaihtumisesta johtuen, toisenlainen kuin 1960- ja 1970-luvuilla. Luulen nyt keskusteltavan enemmän asiasta kuin

sen vierestä ja monissa yrityksissä henkilöstöhallinnon paljolti hoitavan tätä sektoria. Työtaistelu on rauhoittunut pahimmista ajoista.

1.7 Suomen rakennemuutos ja vaurastuminen pohdinnan viitekehyksenä

Konepajojen muutosten laajempaan viitekehyksenä on tietysti maan elinkeinoelämän ja yhteiskunnan rakennemuutos ja vaurastuminen. Sodan jälkeinen köyhyys alkoi hellittää 1960-luvulla, joskin maatalous edelleen oli merkittävä elinkeino. Ruotsin konepajoihin mentiin työn perässä. Infrastruktuuri ja elinkeinorakenne alkoivat Suomessakin nopeasti muuttua. Maalta muutettiin kaupunkeihin tai maaseutualueiden teollisuuskeskitymiin. Väestön peruskoulutustaso koheni ja kaikkalainen hyvinvointi lisääntyi.

Nastolaa pidetään esimerkkinä maanviljelysperäisen nopeasta, mutta hallitusta muuttumisesta teollistuneeksi kunnaksi. Lahden 1960-luvun lopun politiikka ei suosinut teollisuuden laajentumista, joten yritykset hakeutuivat ympäröiviin Hollolaan ja Nastolaan. Nastolaan sijoittui nopeasti useita merkittäviä yrityksiä. Monet perustivat sinne sivutoimipisteitä, kuten UPO, Luhta, Wipak ja Raute. Nastolan etu Hollolaan verrattuna oli rautatie ja mahdollisuus omaan pistoraiteeseen, mikä esimerkiksi Rauten sijoituspäätöksessä oli tärkeä seikka.

Nastolaan sijoittuminen toi mukanaan hoidettavia asioita, joilla ei ollut teollisuuden kanssa juurikaan tekemistä. Ne kuitenkin oli hoidettava. Nastolaan tuli, jopa tulvi, työnhakijoita muualta, paljolti Itä-Suomesta. Asuntotilanne oli aluksi vaikeasti ratkaistavissa, kuten monet muutkin kunnalliseen infrastruktuuriin liittyvät asiat. Nastolan teollisuus solmi yli toimialarajojensa kaukonäköisesti suhteet kunnan johtoon perustamalla epävirallisen Nastolan Teollisuusryhmän. Kaikkia koskevat asiat neuvoteltiin yhdessä teollisuuden johdon ja kunnan avainhenkilöiden kanssa etsien niille mahdollisia ratkaisuja, mikä toimi esimerkillisesti.

Esimerkkinä asuntotilanteen vaikeudesta kerrottakoon, että sain eräänä päivänä neuvokselta tehtäväksi mennä Nastolaan ja ostaa kassasta kuittaamillani avoimilla sekeillä kaikki saatavilla olevat asunnot. Solmin päivän mittaan kuusi asuntokauppaa akuuttia asuntopulaamme helpottamaan. Yhtiö myös rakennutti Nastolaan työsuhteasunnoiksi kaksi kerrostaloa.

1.8 Muutosten ajurit

Taustoitusta on luvussa 2.7 – 2.9.

Dokumentointini taustalla on kehitystä 1960-luvulta 2000-luvun puolivälille koskeva, parin vuoden pohdiskelu. Konepajojen kulttuuri on tänä neljänäkymmenenä vuonna suuresti muuttunut. Muutoksen ajureina on toisaalta ollut jatkuvien pienten askelen edistymistä ja toisaalta myös merkittäviä hyppäyksiä aiheuttaneita ilmiöitä, jotka synnyttivät nopeita ja syvällekkäviä muutoksia.

Tärkeimmäksi kulttuurin muutosten ajuriksi nostettu organisaatioiden muuttumisen tarkastelu alkaa 1970-luvulle saakka yleisten funktionaalisten ja mittakaavaetuun nojanneiden rakenteiden nopeasta hylkäämisestä solutuoteverstaas- ja tuotetehdasjärjestelyjen kustannuksella. Niille rakentui JOT-pohjainen toiminta, jota on edelleen kehitetty oleelliseen keskittymällä ja antamalla muu partnereiden tehtäväksi. Tähän liittyy omistusten laajamittaisia järjestelyjä ja toimintojen rönsyileminen maailmanlaajuiseksi. Nämä kulttuurin muutokset eivät olisi olleet mahdolliset ilman niihin samanaikaisesti mukautunutta työ- ja kulttuurin muutosta sekä niiden perustana olevia uusia tuotesukupolvia.

Jälkeenpäin tarkasteltuna onnistuneen muutoksen merkittävänä tukena on ollut:

- konepajojen yritysrajojen yli ulottunut laaja talkoohenki oppia uutta ja toteuttaa muutokset
- kokemuksia vaihdettiin, tuloksista kerrottiin ja niistä opittiin
- muuttunut työilmapiiri luokkakantaisen vaikutuksen lieventyessä ja työnkuvien monipuolistuessa
- siirtyminen ihmisen suorittamasta valvonnasta tietokoneistettuun prosessien valvontaan

- MET:n oikein ajoitettu ja kiitettävästi resursoitu, joskin pitkälti myös talkootyölle rakentunut, jäsenyritysten ja muunkin metalliteollisuuden hyväksi koitunut uuden tiedon haavimis-, siirto- ja koulutustuki
- konepajoissa siirryttiin intuition pohjalta tapahtuvasta suunnitelmalliseen kehittämiseen.

Nostan kehityslinjoista organisaatioiden muuttumisen selkeästi portaalta toiselle edenneeksi pääkehityslinjaksi. Sen ohella esiintyy tietysti useita muitakin vaikuttajia ja kehityksen ajureita. Ne ehkä eivät ensi katsomalta tunnu kokonaisuuden kannalta merkittäviltä, mutta syvemmissä tarkastelussa ne tai osa niistä toki ovat sellaisia. Kaikki nimittäin vaikuttaa kaikkeen. Tarkastelussa on tämä tietäen pohdittu muutoksen taustalla olevien tekijöiden merkittävyyttä. Eri yrityksissä on tietenkin edetty nykyisiin toimintatapoihin eri teitä, jolloin jotkut ajurit ovat toisille tärkeämpiä kuin toisille.

Automaatio sinänsä ei ratkaise kaikkia tuottavuusongelmia eikä sen kehittyminen suinkaan ole ollut niin nopeaa ja ongelmattonta, kuin on ajateltu. Automaation tuloksellinen soveltaminen vaatii oikeaa ympäristöä ja organisaatiota, siis suotuisassa kulttuurissa oikealla lailla toimivia ihmisiä. Jopa paljon esillä olleiden automaattisten joustavien valmistusjärjestelmien on todettu helposti jäävän erillisiksi automaatioosaarekkeiksi, jos tehtaassa virtaamaa ei muilla keinoin pystytä ratkaisemaan. Tekninen kehitys ei täten nouse nopeiden muutosten tärkeimmäksi ajuriksi. Sen sallima kehitys ei ole hyppäksenomaista, vaan ilmenee laajasti koko kentällä ajan myötä vähitellen. Kehittyvä tekniikka on luonnollisesti tarjonnut runsaasti uutta, kuten erityisesti tietotekniikan kehittymiseen tukeutuvat koneiden ja laitteiden numeerinen ohjaus ja tuotannon valvonnan siirtyminen ihmisiltä tietojärjestelmille, teollisuusrobottien jokapäiväistyminen ja joustavat automaattiset valmistusjärjestelmät, kompletivalmistuksen sallivat monitoimiset työstökoneet, lankahitsauksen yleistyminen puikkohitsauksen kustannuksella jne. Muuntuneiden valmistustekniikoiden ohella vaikuttaa osaltaan materiaalitekniinen kehitys, joskus jopa uusia valmistus-

menetelmiä edellyttävien materiaalien muodossa.

Kansainvälistymisen asettamat vaateet paikallisesta läsnäolosta ja tuotantokustannusten optimointi ovat osaltaan nousseet 2000-luvun alun tärkeiksi ilmiöiksi yritysten siirtäessä ydinliiketoimintoihinsa lukeutumaton toimintaa muiden tehtäväksi - joskin ulkoistamisessa on jo havaittavissa takaisin vetoja.

Suomalaisen konepajakulttuurin nopea muuttuminen vanhakantaisista funktionaalisista organisaatorakenteista ketteriksi pienyksiköiksi ja niiden tuotteistojen modernisointi sekä työmarkkinailmaston ajanmukaistuminen ovat paitsi turvanneet alan olemassaolon samalla synnyttäneet useita teollisia menestystarinoita. Metalliteollisuuden kilpailukyvyyn ylläpitäminen ja menestymisen jatkuminen edellyttää jatkuvaa ylläpitoa ja muuntumista, mikä on vaativa haaste.

Moduuleihin perustuvat komponentit ja tuotteet nousevat merkittävään asemaan konepajojen kulttuurin muutosketjun mahdollistajina. Valmistuksessa moduulit ovat antaneet sysäyksen solujen ja tuoteverstaiden laajemmalle käytölle ja moduulien soveltaminen tukee tehokkaasti JOT-tuotantoperiaatetta.

Moduulit ovat yritysstandardisoinnin ylin ja samalla oikein sovellettuna tuottavin taso. Niitä tarkastellaan standardisoinnin osana luvussa 1.10.1.

1.8.1 Valmistuksen organisointiin kohdistuvia muutostekijöitä

1.8.1.1 Solut ja tuoteverstaat

Solutuotantoon siirtyminen on ollut merkittävä porras tiellä muiden uusien hankkeiden käyttöön ottamiseen. Merkittävin tässä suhteessa on JOT-tuotantoperiaate. JOT:n käynnistäminen ennen soluja tavanomaisella funktionaalisella tuotantorakenteella olisi ollut mahdotonta. Solutuotannon tuomat hyödyt kertautuvat näin huimasti.

Soluista kiinnostuttiin Suomessa 1970-luvun alkupuolella ja ne yleistivät 1970-luvun lopulla sekä 1980-luvun alussa.

Soluja suuremmat yksiköt, tuoteverstaat, seurasivat noin viiden vuoden vaihe-siirrolla. Tapahtunutta kehitystä kuvaa Lapinleimun artikkelisarja: "Kehittyvä tuotantotekniikka ja ihminen, Konepajamies 1974:3; Solufilosofia 1976:3 ja Tuoteverstaat ja työnkulku 1980:7-8.

Vanhahtavat tuotantorakenteet tiedettiin suomalaisen konepajateollisuuden ongelmaksi. Soluvalmistuksen tultua sen houkuttelevaksi vaihtoehdoksi Suomessa siirryttiin lyhyellä ylimenokaudella ensin tuotesoluihin, joiden rinnalle tuli kokemusten kartuttua tuoteverstaita. Solu- ja verstastuotanto näyttää soveltuvan valta-osaan suomalaista konepajavalmistusta. Solutuotannon mallit haettiin Englannista ja varsinkin Ruotsista. Solutuotannon omaksumisnopeus ja -laajuus on ollut merkittävä. Käsitkseni mukaan ohitimme esimerkkinä pidetyn Ruotsin, joten oppilas-opettaja -suhde on kääntynyt ympäri.

Henrik af Hällström kertoo solujen ja tuoteverstaiden alkuvaiheista /106/: "Kävin 1970-luvun puolivälissä Ruotsissa tutustumassa siellä käyttöön otettuun ryhmätyöhön jota suomeksi kutsuin solutuotannoksi. Mielestäni se oli mielenkiintoinen ja lupauksia antava konsepti. Onnistuin saamaan G.A. Serlachiuksen Pumpputehtaan kiinnostumaan siitä, joten ryhdyttiin kehittämään Suomen ensimmäistä solua, akselien koneistussolua. Tulokset olivat hämmästyttävät. Tuottavuus nousi kolmanneksen ja läpäisyajat lyhenivät viidesosaan. Tietysti ilmeni paljon muutosvastarintaa, yllättävää kyllä Metalliteollisuuden Työnantajaliitto oli vaikeimpia. "Ei noin saa tehdä" he ilmoittivat ryhmäpalkkiojärjestelmästä. Liitto taipui, kun Kone Oy otti solut käyttöön Hämeenlinnan nostintehtaallaan. Siitä alkoi valtava innostus, 1980-luvun alkuun mennessä, ennen siirtymistäni Serlachiuksen metalliteollisuuden johtajaksi, olin ollut noin viidessäkymmenessä suomalaisessa konepajassa käynnistämässä solutuotantoa. Tulokset olivat kaikissa yhdensuuntaisia. Minusta oli arvokasta kehityshankkeiden toteuttaminen yhteistyössä työntekijöiden kanssa, mikä monessa tehtaassa oli ennenkuulumatonta. Kehitys jatkui 1980-luvulla, jonka lopulla merkittävä osa Suomen konepajoista oli siirtynyt solutuotantoon."

Mainittua Koneen Hämeenlinnan tehdasta pidettiin solutuotannon suomalaisena mallisovelluksena, jota monet solutuotantoon siirtymistä harkitsevat yritykset käyttivät henkilöstönsä vierailukohteena. Koneen solupilotin primus motor oli yrityksen silloinen teknillinen johtaja Arno Saraste, joka halusi kokeilla uutta tuotantotapaa. Pilottitehtääksi valittiin Koneen hiljattain ostama pieni Widingin konepaja. Professori O.E. Huhtamo valitsi kyvykkääksi arvioimansa teekkari Tapio Torkin suunnittelemaan diplomityönä solutuotannon käyttöönottamisen. Torkin diplomityö "Tuotantosolujen toteuttaminen pienessä konepajassa" valmistui vuonna 1976.

Soluista ja tuoteverstaista kirjoitettiin 1900-luvun lopulla runsaasti ja ne olivat suosittu diplomitöiden aihe. Niistä myös pidettiin suuri määrä seminaareja ja muita koulutustilaisuuksia.

Solutuotanto näyttää soveltuvan erinomaisesti vaihtelevaan piensarjatuotantoon, mistä saadut kokemukset nopeuttivat solu- ja verstastuotantoon siirtymistä. Diplomitöihin alkoi esimerkiksi olla vaikea löytää verrokeiksi funktionaalisesti järjestettyjä konepajoja.

Konepajoissa esiintyi toki muutosvastarintaa, mitä kuvaa seuraava tapahtuma: Arno Saraste konsultoi eläkeläisenä, jolloin teimme paljon yhteistyötä. Hän suositteli eräälle konepajalle solutuotantoa ja sai toimitusjohtajan lämpenemään hankkeelle. Valitsin Sarasten pyynnöstä diplomityöntekijän. Aloituspalaverissa oli lisäksemme myyntipäällikkö, konstruktiosaston päällikkö ja tuotantopäällikkö. Tunnelma kiristyi Sarasten kerrottua solutuotannosta. Eräs päälliköistä suuttui todeten, ettei tällaisesta akateemisesta puppua pitäisi tulla lainkaan puhumaan, minkä jälkeen hän poistui ovet paukkuen. Toimitusjohtaja päätti kuitenkin teettää diplomityön, joka aloitettiin analysoimalla konepajan piirustuskanta. Lajittelemalla kopiot sopiviin pinoihin saatiin solut helposti syntymään. Soluvalmistus osoitautui toimivaksi ja sen tulokset olivat erinomaiset. Malttinsa menettänyt päällikkökin joutui tuloksen nähtyään myöntämään erehtyneensä.

1.8.1.2 JOT -tuotantoperiaate

Liikkeenjohdon etsiessä uusia etene-
misteitä aika alkoi kypsyä muutoksille.
Maailmalta noudetuista ajatuksia syntyi
ajattelumalli, joka Suomessa nimettiin JOT
eli Juuri Oikeaan Tarpeeseen (Just In
Time; Just On Time) -tuotannoksi.

Suomalainen konepajateollisuus toimi
1970-luvulle saakka totutulla tavoilla.
Yksiköt olivat suuria ja monipolisesti
organisoituja. Pahimpiin ongelmiin kuului
toimitusten aikataulujen hallitsemat-
tomuus. 1970-luvulla alkanut ja 1980-
luvulla kiihtynyt organisaatioiden muuntu-
minen funktionaalisesta tuotannosta solu-
ja edelleen tuoteverstasvalmistukseen ja
niitä samanaikaisesti tukevat JOT-
tuotantoperiaate joustavine pienryh-
mineen, virtauslayouteineen, riisuttuine
varastoineen sekä imuohjauksineen,
laaduntuottovaateineen ja asetusajkojen
leikkaamisineen avasi kentän todellisille
uudistuksille. Monet konepajamme uusi-
tuivat kiitettävällä nopeudella. Siirryttiin
kevyesti organisoituihin pienyksiköihin
keskushallintojen raskaita toimintoja
samalla purkaen. MET:n laajamittainen ja
onnistunut koulutus antoi potkua siirty-
män aloittamiselle ja läpiviemiselle.

Juuri Oikeaan Tarpeeseen tuotantoperi-
aateen soveltaminen edellyttää solu- tai
tuoteverstasvalmistusta ja lyhyitä asetus-
aikoja. Nopeasti tapahtunut solujen
käyttöönotto mahdollisti vastaavan käyt-
töönottonopeuden JOT:n osalta, mitä
MET:n järjestämä tiedotus ja koulutus
tehokkaasti tuki. JOT antoi konepajoille
tarvittavaa kilpailukykyä, jota ilman olisi
tuskin kyetty pitempään toimimaan.
JOT:sta paikallisine sovellutuksineen
yleistyi konepajateollisuutemme toiminta-
tavaksi.

MET katsoi tarpeelliseksi tuoda maa-
hamme JOT-osaamista ja edistää sekä
nopeuttaa sen käyttöön tuloa seminaarein
ja julkaisuin. Halusin ja pääsin mukaan
tähän talkootyöhön. Ammatillisesti antoisa
oli jäsenyys JOT:ia Suomeen tuovassa
työryhmässä. Se laati ensitoikseen
Teknisen tiedotteen JOT:sta. Sitä kirjoi-
tettaessa ja varsinkin JOT:n sisään-
ajovaiheen kouluttajana, joista aluksi
tietenkin oli puutetta, sisäistin todella
tämän tuotantoperiaatteen olemuksen,

mistä on ollut merkittävä hyöty ope-
tuksessani ja tutkimuksessani. MET piti
JOT:n nopeaa soveltamista yrityksissä niin
tärkeänä, että palkkasi ylimenokaudeksi
erityisen konsultin.

Suomalaiset konepajat ovat tarkoin seu-
ranneet saksalaista konepajateollisuutta ja
sen tehokkaina pidettyjä toimintatapoja.
Saksalainen tuotantotapa on pitkään ollut
ja on vieläkin vanhoillinen, hierarkkiseen
työsuunnitteluun ja -johtoon tukeutuva,
mikä paljolti johtunee sekä tuotantoerien
suuruudesta että kansanluonteesta. Solu-
tuotanto on siellä harvinaista ja JOT-
tuotantoperiaate on otettu käyttöön hi-
taasti tai ei lainkaan. Monissa konepa-
joissa on oltu sen käytön suhteen
epäileviä. Suomalaista tuotantotapaa
kohtaan tunnetaan kyllä uteliaisuutta.
Vieraillessani esimerkiksi merkittävän
saksalaisen rationalisointijärjestö REFA -
Verband für Arbeitsstudien und Betriebs-
organisation e.V:n aloitteesta suuressa
painokonetehtaassa siellä haluttiin kuulla
tarkasti suomalaisen konepajavalmis-
tuksen organisoinnista. Kyseltiin onko
totta, ettei meillä enää ole työnjohtajia ja
millaisia ne solut ovat. Selitin asiaa
parhaani mukaan. Kertoessani esimerk-
kejä he totesivat asian kyllä olevan
mielenkiintoinen, mutta heille soveltu-
maton ja uskoivat heidän tapansa val-
mistaa 500 koneen kertaeriä olevan
tehokas ja toimiva. Pienten sarjojen ideaa
ei ymmärretty. Autoteollisuus on tietysti
vielä oma lukunsa. Sen sarjat ovat niin
omassa tuotannossa kuin alihankkijoilla
suuret. Monet valmistusvaiheet tehdään
erikoistyöstökoneilla tai linjoilla. Sama
koskee esimerkiksi laakerien valmistusta.

Aitoa sarjatuotantoa on Suomessa jonkin
verran, kuitenkin vähemmän kuin monissa
muissa maissa. Suomalaisten konepajojen
vahvuutena ja kilpailukyvyn tukijalkana
pidetään yleisesti kykyä joustavaan ja
nopeaan pienerävalmistukseen, jonka
suorituskyvyn reunaehdot on tehokkaan
työstämisen ohella koko tuotantoketjun
saumaton toiminta niukoin resurssein
JOT:n sekä Leanin ja vastaavien tuo-
tantoperiaatteiden mukaisesti. Vienti-
veturikonepajoissamme ja niiden alihank-
kijoilla tämä tuotantotapa on opittu ja sitä
trimmataa jatkuvasti suorituskykyi-
semmäksi. Vastausta siihen, kuinka

kehitteillä olevat autonominen tuotanto ja mukautuvat työstökoneet soveltuvat tähän ympäristöön ja mikä niiden tuoma taloudellinen hyöty on, ei vielä ole. Vähi-tellen saatavat kokemukset näyttänevät suunnan.

Asetusaikojen radikaali lyhentäminen on JOT:in perusedellytys. MET:n organisoima Shigeo Shingon asetusaikanäytös oli vastaan sanomaton. Professori saapui Helsinkiin illansuussa. Keskusteltaessa seuraavan päivän seminaarista vieras ilmoitti, ettei hän suinkaan halua vain puhua, vaan myös näyttää. Kaso Oy suostuteltiin nopeasti tapahtumapaikaksi. Luentojen jälkeen kuulijat siirtyivät tehtaalle, jossa jo iäkäs Shingo pyysi ensin harjan ja rikkalapion ja siivosi kohteeksi valitun epäkeskopuristimen ympäristön. Sen jälkeen hän näytti kädestä pitäen, miten asetusaika eli työkalun vaihto tapahtuu kahdessa minuutissa entisen noin tunnin sijaan. Tämänkin seminaarin järjestelyaktiivi Arno Saraste totesi lopuksi: "Menikö jo kaaliin vai täytyykö tänne taas hakea äijä Japanista".

Anekdoottina kerrottakoon Arno Sarasten ja kirjoittajan vierailusta erääseen kone-pajaan tarkoituksena opastaa lyhen-tämään pitkiksi tiedettyjä asetusaikoja. Kohteeksi valittiin epäkeskopuristin, jonka asetusajat leikattiin Shingon esimerkin mukaisesti murto-osaan vallinneesta tasosta. Ällistynyt koneenkäyttäjä osasi vain sanoa, että "juu tuo onnistuu teoriassa", johon Saraste suorasukaiseen tapaansa totesi: "Mehän teimme sen juuri ihan käytännössä, eikö mene perille". Tämäkin kulttuurin muutos oli suuri ja kilpailukyvyn kannalta merkittävä.

Arno Saraste innostui helposti hyvinä pitämistään asioista ja pani heti toimeksi. Asetusaikojen lyhennystarpeen tullessa ilmeiseksi MET:n teknillinen komitea mietti asiaan liittyvään koulutuksen käynnis-tämistä. Pidettiin hyvänä pyytää Ammat-tienedistämislaitosta järjestämään siitä kurseja. Esteenä oli sopivien lastuavien ja levytyökoneiden ja työkalujen puute. Saraste soitteli puolisen tuntia kone-pajojen johtajille ja sai yllättävän lyhyessä ajassa kerättyä kokoon kurssia varten tarvittavan kaluston.

Eräs yhteinen konsultointikohteemme oli kumipyörillä liikkuvien maatalouskoneiden tuotannon perkaaminen. Vanha funktio-naalinen tehdas oli likainen ja lattiasta kattoon saakka täynnä tavaraa. Aloitimme solujen muodostamisen keräämällä kaikki erilaiset osat tyhjään varastoon, jossa ne silmämääräisesti lajiteltiin toisiaan muis-tuttavien osien kasoihin. Niistä syntyivät solut.

Virtaama saatiin ryhmittelemällä solut riisutun materiaalivaraston ja soluihin nähden poikittaisen kokoonpanolinjan väliin. Tuote eteni kokoonpanossa omilla pyörillään solulta toiselle. Solujen monitaitoinen henkilöstö siirtyi joustavasti tarpeen mukaan solusta soluun. Kokoon-panolinjan vastakkaisella puolella oli kaksilaatikkoperiaatteella ohjautuva tarvi-kevarasto, joka niin ikään syötti tavaraa kokoonpanoon. Tarvikevaraston toiminnan varmistamiseksi jalkautettiin keskitetystä hankinnasta henkilö fyysisesti varastoon varmistamaan paikalla ollen tarvikevirran katkeamattomuus.

Osia valmistavien solujen ja kokoonpanon välissä oli osien imualue, jossa sallittiin olevan korkeintaan kolme osaa. Imu-ohjaus toimi siten, että kokoonpanon ottaessa viimeisen osan solulle ilmoitettiin suullisesti koska seuraava osa tarvitaan, jolloin solun oli valmistettava ainakin yksi, mutta halutessaan kahdesta kolmeen osaan. Toiminnan parantuessa sallitaan imualueella kolmen sijasta ensin enintään kaksi osaa ja sitten enää yksi osa. Teoreettinen tavoite on poistaa imualue kokonaan, jolloin solut valmistavat suoraan kokoonpanoon. Siirtyminen funktionaalisesta työntöohjatusta tuotan-nosta selkeään virtaamaan ja imuohjauk-seen siisti tehtaan, pudotti varastot murto-osaan aiemmasta ja nosti tuotan-non tehokkuuden uudelle tasolle.

Kuvaavaa muutokselle oli tilausmäärien leikkaus. Tuotteen neljä erikokoista ikkunaa oli tilattu paikalliselta lasiliikkeeltä tuhannen kappaleen erissä. Varasto oli tupaten täynnä 4 000 lasin tultua. Silti lasien loppuminen yllätti usein. Lasi-liikkeeltä kysyttiin, toimittaisivatko he tarve-erinä eli "setteinä" neljän lasin pakkauksia tuotannon imun tahdissa. Toimitustavan muutos onnistui helposti.

Tuotantovauhdin ollessa viisi tuotetta päivässä lasiliike toimitti joko päivittäin viisi pakettia tai joka toinen päivä kymmenen pakettia. Tuotantomäärien vaihdellessa tarvittiin tietysti vastaava jousto.

JOT sai tietenkin pian perillisiä, kuten säästäväisyyttä korostava Lean ja joustavuuteen pyrkivä Agile Manufacturing. Ne ovat niin paljolti JOT:n ajatusmaailmalle rakentuvia ja sen kaltaisia, ettei eroja ole mielekästä käytännön konepajamaailmassa edes hakea. Akateeminen tutkimus niitä löytää, kuten sen tuleekin etsiä. Myös konsultit ottavat innolla vaarin uusista tai uudelleen nimetyistä toimintatavoista, joihin heidän liiketoimintansa perustuu.

Uudenkaupungin autotehtaan johtaja Juhani Linnoinen on kiinnostunut liikkeenjohdon uusista työkaluista, joita hän sovelsi omassa yrityksessään. Näihin kuuluvat esimerkiksi laatuasiat, JOT ja Lean sekä heikkojen signaalien kerääminen. Heikot signaalit, joita Linnoinen pyrki löytämään vähintään yhden viikossa, ennakoivat oikein tulkittuina muutosten suuntaa. Linnoinen kertoi asiasta mm. esitelmässään Suomen Konepajainsinööriyhdistyksessä.

Metalliteollisuus ei laajemmin heikkojen signaalien menetelmää liene soveltanut. Tutkijat ovat edelleen niistä kiinnostuneita. Asiasta on taas vuoden 2008 alulla näkynyt lehtikirjoituksia.

1.8.1.3 Valmistussyvyyden radikaali mataloittaminen, alihankinta ja ulkoistaminen

Alihankintojen käyttäminen alkoi lisääntyä 1960-luvulla sekä uudenlaisen ajattelun johdosta että alihankintaan erikoistuneiden entistä kyvykkäämpien yritysten markkinoidessa palveluksiaan. Suomessa omaksuttiin vähitellen ajattelutapa, jossa keskitytään ydintoimintoihin ja niiden kannalta toisarvoinen valmistus annetaan muiden tehtäväksi. Aluksi puhuttiin alihankinnasta, tai osahankinnasta, alistavana pidetyn alihankinnan rinnakkaisilmaisuna. Niiden tilalle tuli pian ulkoistaminen. Hajanaisten pientilausten sijaan hankintoja on pyritty keskittämään sekä suuremmiksi kokonaisuuksiksi että

harvemmille toimittajille, joita kutsutaan esimerkiksi partnereiksi.

Tuotteen osien tai osakokonaisuuksien ja jopa tuotekehityksen sekä konstruoinnin tilaaminen oman yrityksen ulkopuolelta on yleistynyt ja kansainvälistynyt. Ulkoistamisen kohteita ovat myös vartiointi- ja ruokalapalvelut sekä huolto. Ulkoistaminen koetaan voittopuolisesti onnistuneeksi, joskin se lisää toimitusten haavoittuvuutta.

Nykyisen ajattelutavan mukaisen kumppanuusverkoston tuomia etuja ovat: maantieteellinen läheisyys ja kokoonpanon tahtiaikaan mukautetut toimitukset, pienet puskurivarastot, asiakaskohtaisten tarve-erien käyttäminen, kevyt logistiikka ja pakkaustarve, tilaus-toimitus -rutiinien keventyminen ja toimitusvarmuuden parantaminen.

1.8.1.4 Tuotantokalustoinvestoinnit ja ylläpito päähankkijoilta partnereille

Ulkoistaminen on vähentänyt perinteisten päähankkijayritysten investointeja tuotantokalustoon, kuten työstökoneisiin. Alihankkijayritykset ovat vastaavasti lisänneet investointejaan. Eräänkin konepajan politiikka oli olla ostamatta alle 200 000 euron hintaisia perustyöstökoneita ja edellyttävän partneriensa investoivan niihin. Vain kalliit erikoistytöstökoneet hankitaan omaan yritykseen. Niiden omistaminen katsottiin strategiseksi eduksi ja myös arveltiin niiden hankinnan olevan pienemmille partnereille rahoituksellisesti raskasta.

Tuotantokalustoinvestointien määriin tällä siirtymällä tuskin on ollut suurta vaikutusta siltä osin kun tuotanto on pysynyt Suomessa. Partnerien on kilpailukykyensä takia voitava käyttää tehokkaita ja moderneja laitteistoja. Pienemmissä yrityksissä ei tosin useinkaan ole samanlaisia kehitysmahdollisuuksia, kun tuotantoa pyöritetään materiaalistien ja henkisten resurssien kipurajoilla. Yritykset ulkoistavat usein tuotantokalustonsa ylläpidon määräaikaishuoltoineen alan toimijoille.

1.8.1.5 Kapeasta osaamisesta monitaitoisuuteen

Toimintaa monin tavoin haitanneet lakot vähenivät sukupolvien vaihtumisen myötä. Työvoiman saanti on noussut ongelmaksi, jopa siten, että ammattityövoimaa on jouduttu haalimaan ulkomailta. Rationaalisoinnilla saatavan tuottavuuden parantamisen merkitys korostuu työvoiman niukkuustilanteessa.

Konepajan työntekijän toimenkuva on ollut kapea-alainen. Sorvaajan odotetaan sorvaavan eikä ollut tapana, että sorvaaja olisi hitsannut tai siivonnut lastut koneeltaan. Sitä varten olivat hitsaajat ja siivoojat. Tämä ajattelutapa muuttui solutuotannon myötä, kun tavoitteeksi tuli monialainen osaaminen. Merkittävä positiivinen kulttuurin muutos tapahtui, kun solun työntekijöiden oli hallittava kaikki solun työt tai ainakin valtaosa niistä. Tällä on ollut työtapoja laajemminkin kuin vain solu- ja verstaustuotannon kannalta kehittänyt vaikutus.

Esimerkkinä monitaitoisuudesta kerrotakoon vierailustani diplomityön valvontasioissa eräässä konepajassa. Toimitusjohtaja kutsui kahville ja pyysi ylpeänä tarjoilijaa kertomaan mitä hän yrityksessä tekee. Rouva sanoi tällä hetkellä paikkaavansa äkillisesti sairastuneen ruokalan henkilön tehtäviä ja muun toimenkuvansa olevan tarpeen mukaisesti sorvausta, jysintää, hitsausta ja kokonpanoa. Hän siis oli käytettävissä viiteen tehtävään.

Professori Juha Siltala on tullut työ-kulttuurien kyseenalaistajana suosituksi ja palkituksi. Kirjoittajan on vaikea omaksua hänen ajatuskulkujaan. Liekö Siltalalla lainkaan omaa kokemusta konepajatyön kaltaisesta toiminnasta ja oikeasta työstä saatua mielihyvää teorioittensa pohjaksi. Ylikoskikin toteaa /166/ työelämän huononemispuheita aletun kritisoida. Professori Juha Sihvola puolestaan luonnehtii Siltalaa pessimistiksi /156/, joka ei näe missään mitään hyvää.

Ylikoski toteaa Helsingin Sanomien sunnuntaidebatissa /166/ työelämän potevan rytmihäiriöitä ja henkilöstön olevan epätietoinen, mihin asioihin työssä pitäisi tarttua. Tutkimukset, viestimet ja media puhuvat yhtä, johto toista ja työntekijät

kysyvät missä mennään ja miten minun käy. Vaikka työtehtävien vaativuus on lisääntynyt, on suomalaisilla työntekijöillä hyvät mahdollisuudet vaikuttaa niiden sisältöihin sekä aikatauluihin ja saada tarvittavaa koulutusta. Maailmanlaajuisen kilpailun muutostilanteiden ymmärtäminen ja hallittu toteutus ovat vaikeutuneet. Henkilöstö kokee olevansa nappuloina suuressa pelissä, johon he eivät itse voi vaikuttaa. Tämäkin on merkittävä kulttuurin muutos.

1.18.1.6 Konepajojen siisteys ja järjestys

Konepajat ovat perinteisesti olleet sotkuisia ja likaisia työpaikkoja. Suhtautuminen tilanteen kohentamiseen oli pitkään väheksyvä, mitä kuvaa tapaus: Rauten Nastolan tehtaassa uusien ruokala- ja sosiaalitilojen viihtyvyyttä päätettiin parantaa hankkimalla sisustusarkkitehdin valitsemat ikkunaverhot. Pian joku iltavuorolainen oli pyyhkinnyt rasvaiset käntensä vaaleaan verhoon. Luottamusmieskin pani asian pahakseen. Tekijää ei kovisteluista huolimatta saatu selville.

Kaikenlaiset siisteyden ja järjestyksen parantamiseen tähtäävät toimenpiteet omaksuttiin vielä 1970-luvulla hitaasti, ja niiden korostamista pidettiin akkojen höpinänä tai armeijan meininkinä. Asenteet alkoivat kuitenkin hiljalleen muuttua. Jo 1980-luvulla esiintyi kiitettävää pyrkimystä siistiä ja järjestää paikkoja, mitä ensin soluvalmistuksen omaksuminen ja sen jälkeen JOT-tuotanto osaltaan nopeuttivat - samoin naistyöntekijöiden määrän lisääntyminen konepajoissa. MET käynnisti osaltaan ryhti-liikkeeseen kannustavan informaatiokampanjan ja INSKO otti teeman kurssitarjontaan, joskin kursseja oli vaikea saada täyteen, sen verran "tarpeettomana" asiaa vielä pidettiin. Teknikot ja insinöörit kokivat "siivouskurssille" osallistumisen häpeällisenä.

Konepajojen yleisilme, siisteys ja järjestys kohentuivat nopeasti 1970- ja 1980-luvuilta alkaen. Mustuneet ja tavarana täyttämät työsalit siistiytyivät nykyajan vaatimuksia vastaaviksi, mikä myös on selvä kulttuurin muutos.

Professori Veikko Teikarin mukaan työpaikan on oltava sellainen, että sinne voi lähettää ei vain vaimoaan vaan myös lapsensa töihin. Nykyiset konepajat ovat miljööltään ja yleisilmeeltään toisesta maailmasta kuin taannoiset verrokkinsa. Halleja maalataan tarvittaessa, valaistus on hyvä, monissa konepajoissa ilma kierrätetään tehokkaasti ja jopa puhdistetaan erilaisilla sähköisillä ja muilla hiukkasten erottimilla. Käytävät on selvästi merkitty ja ne pidetään auki ja lakaisukoneilla roskattomina. Työtiloissa säilytetään vain tarvittavia tavaroita. Työntekijöille on varattu siistit taukotilat, jotka usein sijaitsevat työpisteiden lähellä. Aiemmin oli esimerkiksi yleistä, että pukuhuoneet olivat työaikana lukossa.

1.8.2 Tekniseen kehitykseen kohdistuvia muutostekijöitä

1.8.2.1 Lastuavat työstökoneet

Sodan ja sotakorvausten aika koettelivat kaltoin konepajojen sotia edeltävänä aikana hankittua vanhahtavaa työstökonekanta. Osa koneista oli rakenteiltaan liian keveitä esimerkiksi tehokkaaseen kovametalliterin lastuamiseen. Sotakorvaustuotantoon saatiin jonkin verran uusia työstökoneita, mm. USA:sta. Laajempi konekannan uusiminen oli hidasta 1950-luvun puolivälillä tapahtuneesta tuonnin lisensioinnin poistamisesta huolimatta.

Urani alkuvaiheessa konekanta oli vielä monilta osin lastuamisen tehostamista rajoittava tekijä, johon menetelmänsinöörinä törmäsin. Eräskin sorvari - osaava ammattimies - vaati koneelleen katsomaan ja näyttämään, kuinka urakan pohjana olevat lastuamisnopeudet ja syötöt olisivat mahdolliset. Eivätkä ne sillä koneella olleet.

Oli pakko soveltaa käytössä olevaa työstökonekanta, mikä johti monimutkaisiin konekohtaisiin urakkalisiin. 1970-luvulla laskin noin sadan työstökoneen koneistamon koneen keski-ikäksi 14 vuotta. Koneiden ikähaarukka oli laaja, ikääntyneimpiä olivat luonnollisesti kookkaat ja kalliit koneet. Tavanomaisten työstökoneiden pitoajaksi arvioidaan

nykyisin yleisesti korkeintaan viisi vuotta, raskaiden koneiden toki enemmän.

Korvausinvestoinnit nopeutuivat 1970-luvulta alkaen, jolloin tehottomimmista työstökoneista voitiin luopua. Numeerisella ohjauksella on ollut investointeja kiihdyttävä vaikutus. Poistettavien koneiden kunto oli pitkään sellainen, etteivät ne kiinnostaneet konepajoja. Niiden poistomyynti oli kuitenkin yksinkertaista. Ilmoitus paikallislehteen ja kaikki menivät heti lähiseudun tilallisten käyttöön maatalouskoneiden huoltotöiden avuksi.

Jo 1980-luvulla konekanta kohentui tyydyttäväksi eikä enää ollut lastuamisen tehostamisen pahin pullonkaula. Poistettavien työstökoneidenkin taso parani siten, että ne alkoivat olla käyttökelpoisia konepajojen tuotannon, kuten solujen, apukoneina, ja kunnostettuina myös avaintehtävissä. Suomessa on onnistuneita esimerkkejä sekä vanhojen raskaiden koneiden paikalla tapahtuneista modernisoinneista uuteen elämään että käytettyjen koneiden hankinnasta uushankinnan vaihtoehtona. Second hand -työstökoneemarkkinat ovat esimerkiksi USA:ssa ja Saksassa merkittävät. Käytetty ja kohtuudella kunnostetun työstökoneen hankintahinnan haarukka uuteen lähes vastaavaan verrattuna on laaja, keskimäärin 30..70 %:a. Korjauksen järkevyyttä paransi oleellisesti, kun alkoi olla mahdollista uusia numeerinen ohjaus ja samalla liikeruuvit sekä muut tärkeät osat.



Kuva 1.5 Sarlinin Kaivoksen tehtaan raskas Heckert -koneistuskeskus vihittiin juhlallisesti käyttöön Suomen Konepajainsinööriyhdistyksen kesäretkellä. Kuvassa Juhani Linnoinen, Sarlinin tuotantopäällikkö Olli Piispanen, nauhaa leikkaava Johannes Brotherus avustajanaan kirjoittaja, Olli Eloranta ja Sarlinin toimitusjohtaja Kaarlo Kankaala.

Työstökoneiden kysyntään ja käyttöön kohdistuneita muutoksia ovat kevyen sorvauksen tehostamiseen käytettyjen revolverisorvien väistyminen NC-sorvien tieltä ja varsinkin höyläyksen korvaaminen otsajyrsinnällä avarruskoneissa ja koneistuskeskuksissa. Rautessa esimerkiksi käytettiin raskaiden runkojen valmistukseen kahta pitkähöyläkonetta, amerikkalaista Cincinnatia ja saksalaista Waldrich Coburgia, jotka molemmat poistettiin 1970-luvulla. Waldrich Coburg -tehdas esimerkiksi joutui nopeasti korvaamaan höyläkonevalmistuksensa muilla työstökoneilla. Koneistuskeskusten yleistymisen vähensi nopeasti jyrsinkoneiden määrää ja korvasi paljolti monikaraporausta.

Työstökoneet olivat 1970-luvulle saakka joko koneharmaita tai vaaleahkon viheitä, mikä väri oli joissain tutkimuksissa todettu koneiden käyttäjiä rauhoittavaksi. Milanon vuoden 1979 EMO:ssa esiteltiin vaaleita koneita. Siitä alkoi väritarjonnan kirjavuus. Arkkitehdit puuttuivat myös yhä useammin työtilojen miljööseen valiten koneiden värit. Koneiden yksilöllisten värien yleistyminen on kuitenkin ollut hidasta. Valmistajat perivät yleensä standardiväreistä poikkeamisesta 5-10 %:n ylihinnan, mikä toki on kaupan eräs neuvottelukysymys. Kovin vaaleissa värisävyissä sormenjäljet ja öljyn valumat sekä muut tahrat näkyvät ikävästi. Uusinta uutta ovat kotitalouskoneiden tapaan ruostumattomasta teräslevystä tehdyt verhoukset.

Neuvostoliittolaisten työstökoneiden "pakkomyynti" suomalaisille käyttäjille oli oma lukunsa. Neuvostoliitossa oli massiivinen työstökoneteollisuus, jonka kapasiteetti ylitti oman maan ja sen etupiiriin kuuluvien maiden tarpeen. Osa neuvostoliittolaisista työstökoneista oli, vaikkakin robusteja ja esimerkiksi sähkölaitteiltaan arveluttavia, kuitenkin käyttökelpoisia, kun taas eräät koneet olivat suorastaan käyttökelvottomia.

Suomeen suuntautuvaa työstökoneiden kauppaa hoiti Stankoimportin suomalainen tytäryhtiö Koneisto Oy. Koneet valmistuivat viisivuotissuunnitelman mukaisesti, joten niitä varastoitiin asiakkaita odottamaan. Koneistolla oli Hangossa valtava vapaavarasto, jota suomalaisille,

varsinkin Neuvostoliiton kauppaa käyville ostajaehdokkaille, mielellään esiteltiin Hangon Kasinolla tapahtuvan koston ruokailun vauhdittamana. Neuvostoliittolaisten oli vaikea ymmärtää, etteivät suomalaiset konepajat halunneet ostaa ylimääriä kaikenlaisia työstökoneita. Jonkin verran niitä oli kauppapoliittisista syistä viisasta hankkia. Raute esimerkiksi osti kaikkiaan parinkymmenen koneen erän "Punainen proletaari" -tehtaan kohtuullisiksi havaittuja IK 60 -kärkisorveja. Kuvaava esimerkki myyntitavasta oli, kun neuvoksen puheille tuli kauppaministeriön korkea virkamies, joka vaati tiukasti ostamaan enemmän heidän koneitaan. Jouduin mukaan keskusteluihin ja tehdaskierroksen isännäksi. Sen päätyttyä vieras ilmoitti minun olevan kelvoton tuotantopäällikkö, kun en ole hankkinut konepajaan pystysorvia, jollaista ilman hänen mielestään ei ole mahdollista toimia. Koneistolla oli Hangon varastossa kooltaan valtava sorvi, joka olisi pitänyt välittömästi ostaa. Rauten tuotannossa ei kuitenkaan ollut pystysorville käyttöä, minkä takia sellaista ei konekantaan tietysti kuulunut. Neuvos kykeni jollain tavoin kiemurtelemaan eroon asiasta.

Vastaostot laajenivat teollisuudesta tutkimus- ja opetus- sekä muihinkin laitoksiin. Lappeenrannan teknillisen korkeakoulun konepajatekninen laboratorio esimerkiksi varustettiin rakennusvaiheessa "munarahoilla" (kananmunien vientierästä valtiolle jäänyttä ylimääräistä ruplasaldoa) hankituilla neuvostotyöstökoneilla. Otaniemeenkin tuli neuvostokoneita, kun Opetusministeriö tilasi ja jakoi näitä toivomuslistojen perusteella. Korkeakoululle vastikkeetta saatiin mm. kärkisorvi, kelvollista mittauskalustoa ja käyttöarvoltaan kyseenalainen teollisuusrobotti.

Muutkin itävyöhykkeen maat, kuten DDR, painostivat suomalaisia konepajoja vastaostojen luonteisiin työstökonehankintoihin, mikä ei kuitenkaan ollut yhtä päällekkävää kuin Neuvostoliiton toiminta. Neuvostoliiton lakkaamisen myötä itäryhmän maiden asema työstökonemarkkinoilla muuttui ratkaisevasti. DDR:n työstökonevalmistuksen kelvolliset osat tulivat suurelta osin läntisten yhtiöiden omis-

tukseen ja jatkavat riisuttuina toimintaansa. Tsekinmaan korkeatasoinen työstökonetuotanto jatkoi pienin muutoksin, kun taas Puola ja varsinkin Unkari putosivat pohjille. Unkarista ala käytännössä hiipui. Neuvostoliiton ajan työstökoneiden valmistus pirstoitui uusiin valtioihin. Venäjän Federaation alueelle jäi muutamia tehtaita, mutta niidenkin tie on ollut maineen ja markkinoiden romahdettua kivinen ja konkurssien sävyttämä.

Metallintyöstökoneet on hankittu suomalaisten koneliikkeiden kautta. Uutuuksia haettiin myös kansainvälisistä työstökonenäyttelyistä, joista merkittävimmät olivat 1960-luvulla nykyisten EMO-näyttelyjen edeltäjiä. Koneliikkeet veivät tärkeitä asiakkaitaan tai asiakkaista koostuvia ryhmiä päämiestensä tehtaille. Olin mukana paitsi "suurissa" työstökonenäyttelyissä mm. Hannoverissa, Pariisissa, Milanossa, Brnossa, Düsseldorfissa, Leipzigissä ja Chigagossa myös Espanjan ja Tsekkoslovakian työstökoneteollisuutta esittelevillä matkoilla sekä Bilbaon ja Brnon messuilla. Kuriositeettina mainittakoon myös neuvostoaikainen Moskovon kansainvälinen työstökonenäyttely, jossa silloiset Lillbacka (Finn-Power) ja Valmet (Fastems) olivat edustavasti esillä.

Uuden Venäjän aikana olen vierailut mm. pietarilaisessa raskaita työstökoneita valmistaneessa tehtaassa. Heillä oli hyviä ideoita, mutta resurssit eivät riittäneet ja sekin tehdas ajautui pian vararikoon.

Toimintaympäristön laajennuttua ja varsinkin internetin myötä informaation hankkiminen valmistajien uutuuksista helpottui. Toki kalliita investointeja on edelleen ollut syytä valmisteluvaiheessa käydä katsomassa paikan päällä.

Suomalaiset koneliikkeet ovat mielestäni tehneet mittavaa teknologian siirtotyötä maamme teollisuuden hyväksi. Päämiesten uusimmista tuotteista ja niiden käytöstä on tuoreeltaan tiedotettu käyttäjille. Tämä arvokas asia on jäänyt turhan vähälle huomiolle.

Työstökoneita oli totuttu ostamaan Euroopan maista, etenkin Englannista, Ruotsista ja Saksasta, ja USA:sta. Neuvostoliittolaisia työstökoneita hankittiin joko

tarvittaessa robusteja ja hinta-laatusuhteiltaan edullisia koneita tai kauppa-poliittisista syistä. Tsekkoslovakian ja DDR:n työstökoneita pidettiin kelvollisina. Japanilaisia työstökoneita tuli tarjolle 1970-luvulla. Ne osoittautuivat hyviksi, mikä lisäsi nopeasti niiden suosiota.

USA oli pitkään suomalaisten suosikki-toimittajamaa. 1900-luvun loppua kohti se kuitenkin muuttui sisäänlämpiäväksi ja suuntasi koneensa pääosin omille markkinoilleen. Vaativia konejärjestelmiä ei ilmeisesti myöskään haluttu toimittaa pitkien matkojen päähän Eurooppaan. Valuuttakurssien vaihteluilla toki on ollut oma vaikutuksensa markkinatilanteeseen.

Metalliteollisuuden työstökoneiden hankintakulttuurin muutos on valmistajamaiden uusjako. Uudeksi rahoitusmuodoksi on ostamisen rinnalle noussut työstökoneiden leasing. Tarkastelukauden alun suurista toimittajamaista vain Saksa on säilyttänyt asemansa työstökoneiden maailmanlaajuisena toimittajana. Englanti, Ruotsi ja USA sitä vastoin ovat menettäneet asemiansa. Neuvostoliiton ja sen leirissä olleiden maiden työstökoneemarkkinat ovat täysin muuttuneet ja osin loppuneet. Japani on noussut Saksan rinnalle työstökoneiden valmistajamaiden kärkeen. Kiinan talouden muutokset ovat nostaneet sen maailman suurimmaksi työstökoneiden ostajaksi ja maa lisää tavoitteellisesti omaa työstökoneiden valmistustaan. Kiinan ennustetaan tunkeutuvan voimalla markkinoille. Perinteisten Italian, Ranskan ja Sveitsin rinnalle kakkosketjuun ovat nousseet Taiwan ja Korea.

Liikuin toimittajana johtavien työstökonenäyttelyjen lehdistökeskuksissa. Niissä opin tuntemaan työstökoneiden valmistajien yhdistyksen CECIMO:n johtavia henkilöitä (työstökoneiden myyjien vastaava yhdistys on CELIMO). He ihmetelivät, ettei Suomi ole yhdistyksen jäsen ja kehottivat sekä silloisen MET:n Lars-Olof Selanderia että minua puhumaan asian puolesta. Perusteena olivat sekä näkyvyys yhdistyksessä että jäsenyyden tarjoamat edut mm. näyttelymaksuissa.

Puhuimme molemmat hartaasti hyvänä pitämästämme mahdollisuudesta. Alan

harvat suomalaisyritykset eivät tuolloin rohjenneet edetä asiassa ja tuskin edes tajusivat kaikkia jäsenyyden tuomia etuja. Jäsenyysanomus oli ollut pitkään pöydällä liikahdamatta minnekään päin, kun Selanderille ja minulle ilmoitettiin Milanossa selväsanaisesti oven olevan vielä hetken raollaan, mutta sulkeutuvan pian. Ryhdyimme vakavaan suostutteluun, joka johtikin tulokseen. Suomen jäsenhakemus jätettiin ja hyväksyttiin. Jäsenyyden alkuvuosina sitä käytettiin mielestäni vajaa-tehoisesti hyväksi. Sitten suomalaiset kyllä ottivat jäsenyyden tosissaan ja ovat olleet aktiivisia. Käsittääkseni liittyminen on ollut hyödyllinen valinta ja pois jättäytyminen olisi ollut sekä häpeällistä että taloudellisesti epäviisasta. Sitkeä ja epäkiitolliseksi kokemani väantö se kuitenkin lobbareiksi joutuneille oli.

1.8.2.2 Suurnopeuskoneistus

Keskeisiin tutkimuskohteisiini Otaniemessä kuuluu suurnopeuskoneistus, joka tarkoittaa lastuamista tavanomaista merkittävästi korkeammin lastuamisnopeuksin. Mahdollisuudet siihen tuntuivat avautuvan työstökoneiden kehittymisen myötä, kun tarvittavat karojen korkeat pyörimisnopeudet ja riittävät pöytäsyötöt realisoituivat. Suurnopeuskoneistus soveltuu rajattuun osaan suomalaista tuotantoa. Se edellyttää suorituskyvyltään riittäviä työstökoneita ja on tekniikkana vaativa. Suurnopeuskoneistuksesta hyötyvät konepajat ovat omaksuneet sen kohtuudella.

Mielenkiintoni suurnopeuskoneistusta kohtaan heräsi ulkomaankäyntien ja ammattilehdistön kautta. VTT kiinnostui tuolloin samasta asiasta. Päätimme yhdistää resurssit ja käynnistimme TKK:n ja VTT:n yhteisen, sittemmin useista perättäisistä projekteista muodostuneen suurnopeuskoneistuksen tutkimuksen.

Projektin alkaessa Suomessa oli vain yksi tekniikan teollinen soveltaja. Suurnopeusjyrsintä kiinnosti työvälineiden valmistajia, jotka kuitenkin olivat epätietoisia tekniikan yksityiskohdista ja varsinkin siihen sopivista työstökoneista.

Tutkimus aloitettiin perusselvityksellä, mistä jatkettiin TKK:n ja VTT:n yhteisellä suurnopeusjyrsinkoneen hankinnalla. Ko-

neellamme kyettiin selvittämään, millaisia koneita suomalaisen teollisuuden olisi paras hankkia. Ainakin yhdessä tapauksessa tällä tiedolla vältettiin virheinvestointi. Myös suurten nopeuksien käytöstä johtuvia työturvallisuusriskejä selvitettiin.

Projekteista saatiin runsaasti menetelmän teollista soveltamista tukevia tietoja. Suurnopeuskoneistus ja sille rinnakkainen tekniikka, teholastuaminen, ovat tulleet käyttöön sellaisessa tuotannossa, mihin ne sopivat. Valtaosa suomalaista konepajatuotantoa ei ole niiden ominta aluetta, vaikka suurnopeuskoneistus ja teholastuaminen ovat edelleen konepaja-alan kehitysennusteiden kestopuoleksia. Jyrsintäkarojen nopeudet tosin ovat suurnopeuskoneistuksen imussa merkittävästi kasvaneet tavanomaisessakin koneistuksessa.

1.8.2.3 Teräaineet ja terät

Tarjolle tulee jatkuvasti sekä uusia että varsinkin entisistä parannettuja teräaineita ja teriä ja muita työvälineitä. Lastuavien terien ominaisuuksia parannetaan kahdella tavalla, sekä kehittämällä parempia perusteräaineita että tuomalla markkinoille kestävämpiä terien pinnoitteita. Kehittyvien terien ja teräaineiden välitön käyttöönotto ei Suomessa ole ollut riittävää. Näin menetetään tehokkuushyötyjä.

Ensin pikaterästen ja sitten kovametallien käyttöön ottaminen olivat hyppäyksellinen lastuamisen tehostaja, kunhan työstökoneiden rakenteet ehtivät mukautua niiden tarjoamiin mahdollisuuksiin. Vastaavaa uutta hyppäystä ei sen jälkeen ole nähty, vaikka näiden molempien pinnoittaminen kulutusta kestävin kerroksin toki on ollut merkittävä tehokkuuden lisääjä. Keraamisiin teräaineisiin on asetettu suuria toiveita, mutta ne ovat tulleet käyttöön hitaasti. Muita tulokkaita, kuten cermettejä ja boorinitridejä käytetään toistaiseksi vielä vähän.

TKK:n kaudellani tutkin aktiivisesti pikaterästen pinnoituksen vaikutusta terän lastuamisominaisuuksiin. TKK:n Vuoriosasto tutki professori Sulosen johtamassa Metallien muokkauksen ja lämpökäsittelyn laboratoriossa pinnoitteita ja

vastaava tutkimus oli käynnissä VTT:llä. Minut kytkettiin mukaan lastuamis-tutkimuksiin, joiden liityen tehtiin kymmenkunta diplomityötä. Pinnoitteiden ominaisuuksien ja rakenteiden osalta suomalainen tutkimus nousi maailman kärkiryhmään. Konepajateollisuus hyötyi halutessaan pikateräsvoittoisten valmistusmenetelmien, kuten porauksen ja erityisesti hammaspyörien vierintätyöstön tehostumisesta. Kuvaavaa on, että tutkittaessa hammastusten vierintäjyrsintää titaaninitridillä pinnoitetuilla terillä ei koko maasta löytynyt kuin muutama tarvittaviin karan pyörimisnopeuksiin yltävä vierintäjyrsinkone. Konepajojemme vierintäjyrsinkonekannan voi tuolloin todeta vanhanaikaistuneen hetkessä.

Terien mekaaniset rakenteet ovat uusiutuneet. Merkittävä muutos oli varsien juotettujen kovametallipalojen liitosten korvautuminen mekaanisin kiinnityksin. Kääntöterätekniikka toi mukanaan uudenlaisia jyrsimiä, kuten tehokkaita otsajyrsimiä ja poria, esimerkiksi lyhyiden reikien kääntöteräporat.

Suomessa on juututtu liikaa käytössä olevaan terätekniikkaan. Aktiivisen uuden kokeilun kynnyks on monissa tapauksissa uskomattoman korkea. Esimerkki olkoon cermettien tarjoama vaihtoehto. Osallistuin 1990-luvun alkuvuosina ensimmäiseen eurooppalaiseen cermet-seminaariin Saksassa. Siellä ilmeni, että cermet-terin sorvattaessa saavutetaan pitkiä kesto-aikoja. Niistä on etua mm. telojen sorvauksessa, kun koko kappale voidaan koneistaa särmää vaihtamatta. Terät ovat samoin mitoitettut kuin kovametalliset kääntöterät, joten cermetit sopivat muutoksitta niiden varsiin. Esitin muutamille mielestäni asiasta hyötyville suomalaisille konepajoille cermettien kokeilemistä. Kokeisiin ei kuitenkaan ryhdytty, "kun työ sujuu hyvin nytkin".

Suora urakointi vaikeutti uusien terien tuomien mahdollisuuksien täysimääräistä ulosmittausta. Jos entistä tehokkaampi työväline, kuten pinnoitettu terä, oli hyödyksi, halusivat työntekijät itselleen osan edusta tai mieluummin kaiken hyödyn. Urakoiden leikkaaminen parempiin työvälineisiin vetoamalla aiheutti helposti vakavia erimielisyyksiä. Tilanne on kuitenkin

nykyisten palkkaustapojen takia helpotunut.

1.8.2.4 Koneistuskiinnittimet

Kiinnittäminen on välinekehityksestä huolimatta edelleen lastuavan työstön ongelma. Automaattiseen kiinnittämiseen on teoreettisia ratkaisuja. Ne eivät vielä kuitenkaan ole laajemmassa käytössä.

Kiinnittäminen jakautuu sorvattavien pyörähdyskappaleiden ja jyrsittävien, avarrettavien sekä porattavien kotelokappaleiden kiinnittämiseen. Niiden kiinnitystekniikat eroavat toisistaan. Varsinkin kotelojen, laattojen ja vipujen kiinnittäminen on moninaisuutensa takia lastuavan työstön vaikeasti hallittava ja automatisoitava "heikko lenkki".

Pyörähdyskappaleiden kiinnittämiseen on tullut uusia istukkaratkaisuja. Työkappaleen käsittely, kiinnitys ja irrotus on helposti robotoitavissa. Kotelokappaleet on perinteisesti kiinnitetty työstökoneen pöytään raudoin ja pultein, mikä on hidasta. Asetuksen jakaminen koneen sisäiseen ja ulkoiseen kiinnitysaikaan kannusti käyttämään paletteja, joille työkappale voitiin kiinnittää ja valmiiksi koneistettu kappale taas irrottaa työstökoneen ulkopuolella. Numeerinen ohjaustekniikka lisäksi sallii automaattisen paletin vaihdon, APC. Palettien käyttäminen yleistyi nopeasti 1980-luvulta alkaen, kuten myös palettien sukulaisten, kiinnitystornien.

Seuraava kehitysvaihe on ollut työkappalekohtaisten kiinnittimien käyttäminen. Niiden valmistaminen on kallista, mutta hankintahinta kuoletuu nopeasti toistuvuuden ollessa riittävä. Kappalekohtainen kiinnittäminen on yleistynyt varsinkin koneistuskeskuksissa.

1.8.2.5 Lastuamisparametrit

Suomalaisissa konepajoissa olisi edelleen mahdollista lastuta haastavammin parametrein, kuin yleensä tehdään. Rajoittava tekijä oli aiemmin ominaisuuksiltaan riittämätön työstökonekanta, minkä merkitys on investointien myötä vähentynyt. Esteinä ovat edelleen mukavuudenhalu ja tietämättömyys. Terien ja materiaalien lastuttavuuden jatkuva paraneminen lisää

eroa, jos sitä ei aktiivisin toimin kurota kiinni.

Etenkin Ovako-Imatran (yhtiöllä useita nimiä, nyk. Ovako Bar, Imatra) 1970-luvulta alkaen markkinoille tuomien, paremmin lastuttavien "M-terästen" tutkimuksen myötä huomiota alettiin kohdistaa teollisuuden käyttämiin lastuamisparametreihin. Vakava toteamus oli ja on edelleen, että teollisuuden käyttämät parametrit ovat usein paljon mahdollisia alempia. Aachenin teknillisessä korkeakoulussa todettiin Saksassa vallitsevan sama tilanne.

Terästen parempi lastuttavuus syntyy niihin sulatusvaiheessa senkkalisäyksenä injektoiduilla lisäaineilla, kuten kalsiumilla. Kaiken ollessa kohdallaan ovat joko terien kestoajat merkittävästi tavanomaisia pitemmät tai vaihtoehtoisesti on mahdollista nostaa lastuamisnopeutta, jolloin työstö-aika lyhenee.

Keskityin Lappeenrannassa terästen lastuamistutkimukseen. Imatran läheisyyden takia suhteet Ovakoon olivat toimivat. Yhteistyössä käynnistettiin mittava tutkimus, jossa selvitettiin sekä lisäainetomien että kalsiumkäsiteltujen terästen sorvattavuutta, jyräytyä ja porattavuutta. Kokeiden pääpaino kohdistui sorvaukseen. Ovako toimitti lastuttavan materiaalin ja teki osin omia kokeitaan Imatralla. Pääosa kokeista suoritettiin korkeakoulun laboratoriossa. Metallitekniikan kehitystyöhön osallistui professori Juha Pietikäinen TKK:sta.

Tämä lastuamistutkimus on perusteilisimpia, mitä Suomessa on tehty. Se tuotti terästehtaalte ohjeistot tehtaant valmistamien terästen lastuamiseen, pari laboratoriojulkaisua ja merkittävimpänä MET:n laajaan käyttöön tulleen Teknisen tiedotuksen 20/81 "Terästen lastuttavuus". Tutkimuksen kiistaton tulos oli, että konepajoissa lastutaan tehottomasti. Ohjearvot olivat kenttäkokeiden perusteella valmistuessaan haastavat, minkä aika hiljalleen tasoitti.

Ovako markkinoi teräksiään Saksan autoteollisuudelle, jonka vakuuttaminen niiden hyvästä lastuttavuudesta vaati samojen kokeiden uusimista saksalaisessa teknillisessä korkeakoulussa. Luottamus

lähellä tehdasta sijaitsevaan tuntemattomaan korkeakouluun ei riittänyt. Kokeiden tulokset olivat yhtenevät.

1.8.2.6 Järjestelmiksi, oma työvälineiden valmistus

1960-luvulla oli yleistä valmistaa itse työvälineitä. Kaupallisen saatavuuden lisääntyessä ja työkaluvalikoimien rationalisoituessa kohti työvälinejärjestelmiä omasta valmistuksesta luovuttiin. Työvälineet hankittiin niihin erikoistuneilta kaupaliikkeiltä.

Yritysten työkaluosastot pystyivät korkeatasoisiin suorituksiin. Rauten työkaluosasto esimerkiksi valmisti sotakorvausten kaudella itse viilunpaikkauskoneen monimutkaiset työkalut. Suunnilleen kaikki tarvittava pystyttiin tekemään, mutta kalliisti. Päätimme tutkia Rauten työkaluvalmistusta ja kirjassimme noin vuoden ajan kaikki tehdyt työt suunnittelu- ja valmistusajaksi. Tulos oli musertava valmistettujen työkalujen osoittautuessa luultuakin kalliimmiksi.

Yritysten työvälinepolitiikan kehitysvaiheet ovat tarkastelujaksolla:

=> 1970-luvulle; sekalaisia työvälineitä, ei järjestelmiin viittaavia piirteitä

=> 1990-luvulle; toisiinsa sopivista työvälinesarjoista koostuvat varsinkin työstökonekohtaiset työvälinejärjestelmät

=> työvälineiden hallinta (Tool Management) osana muuta joustavasti automatisoitua valmistusta

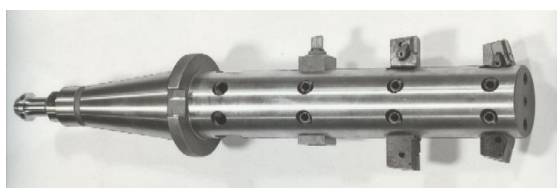
Vähintään kone- tai koneryhmäkohtaisesta työvälinejärjestelmästä on tullut toiminnan välttämätön edellytys automaattisissa joustavissa työstökoneissa ja konejärjestelmissä. Lapinleimu pohtii työvälinejärjestelmien taustoja artikkelissaan "Järjestelmät konepajojen työvälinepolitiikassa" /139/.

Raute joutui valmistamaan ensin ammus- ja sen jälkeen sotakorvaustuotantoa varten vaativia työvälineitä, minkä seurauksena sen "työkaluosastolla" oli korkea ammattitaito. Huolimatta kaupallisen tarjonnan lisääntymisestä päätettiin hankittua ammattitaitoa pitää yllä. Osasto paitsi varastoi ja ylläpiti sekä huolsi työvälineet, myös valmisti niitä menestyksellä.

Koneistajien ajan käytön kannalta merkittävä parannus syntyi siirryttäessä koneille hajautetun ja keskitetyn varastoinnin yhdistelmänä tapahtuneeseen työvälinepalveluun. Aiemmin koneistajien kaapeissa olleet sekalaiset työvälineet inventoitiin. Laadittiin kone-tyyppikohtaiset työ- ja mittausväline-luettelot, joiden mukaisen varustuksen edellytettiin olevan koneilla hyväkuntoisina. Siihen kuuluivat esimerkiksi sorvien perusterät ja porakoneiden porasarjat. Muut työvälineet varastoitiin keskitetysti ja työvälineosasto toimitti ne ennen työn alkamista koneille sekä haki ne työn loputtua pois. Työnjohtajat antoivat töitä jakaessaan impulssit tälle palvelulle. Järjestelyllä poistettiin koneistajien tarve käydä "luukulla prikalla" noutamassa ja palauttamassa kulloinkin tarvitsemiaan välineitä, mihin kului turhaa aikaa.

Avarruskoneet olivat tarpeen Rauten raskaan runko-osien koneistuksessa. Kuuden avarruskoneen vanhanaikaiset ja sekalaiset työvälineet haluttiin uudistaa. Investoinnin kalleuden vuoksi päädyttiin omaan valmistukseen. Suunniteltiin kolmen tyyppin - pienet, keskikokoiset ja suuret - avarrinsarja. Yrityksen työkaluosasto valmisti niiden terävarret ja teränpitimet, mikä oli noin tuhannen kappaleen erä. Hanke onnistui teknisesti erinomaisesti ja kustannustehokkaasti. /111/

Avartimien esiasetuksen ollessa uutta tekniikkaa mittaamiseen ja innovatiivisten mittausvälineiden suunnittelija sekä valmistaja Hemmo Rätty ideoi esiasetuslaitteen. Valoimme Rautessa hänen yritykselleen muutamia laitteiden runkoja ja kokeilimme hyväksi havaitsemaamme prototyyppiä. Runkojen valutyöllä lunastimme koelaitteen omaksemme. Näin "ansaittu" esiasetuslaite palveli pitkään.



Kuva 1.6 Raute hyödynsi sotakorvausten ajalta periytyvää työvälineiden valmistuksen osaamista uudenaikaisten työvälineiden valmistamisessa, kuten avarrintuurna terineen.

1.8.2.7 Lastuamisnesteet

Jos lastuamisnesteitä on käytettävä, voi niiden määriin ja käyttöikiin vaikuttaa. Nesteiden käyttöä on mahdollisuuksien mukaan vähennettävä. On pyrittävä valitsemaan ympäristöystävällisiä nesteitä ja selvitettävä nesteitä säästävän tekniikan tai jopa kuivana lastuamisen tai kaasujen puhaltamisen mahdollisuus. Nesteen keskitettyyn jakeluun työstökoneille, käytön aikaan ylläpitoon ja kierrätykseen on kiinnitettävä nykyistä enemmän huomiota. Myös lastujen käsittelyssä on tehostamismahdollisuuksia.

Lastuamisnesteisiin on ympäristötietoisuuden kasvaessa alettu kiinnittää vakavaa huomiota. Sain taannoin käsiini tanskalaisen lastuamisnestetutkimuksen, johon osallistuivat konepaja-asiantuntijoiden ohella kemistit ja lääkärit. Esitin, että MET käynnistäisi vastaavan tutkimuksen. Selvityksissä todettiin lastuamisnestekentän olevan niin laaja ja vaikea, etteivät resurssit riitä. Eräskin yritys selvitti käyttämiensä nesteiden lukumääräksi 35. Pyrittäessä karsimaan valikoimaa siihen tuli vielä kaksi uutta nestettä. Lastuamisnesteiden hankinnan, varastoinnin käytön ja hävityksen suhteen todettiin esiintyvän runsaasti puutteellisia käytäntöjä ja epätietoisuutta

Johtamani Ekotehdas-projektin osana selvitettiin pintakäsittelyjen ohella konepajojen merkittävimpiin ympäristöriskeihin luettaviin lastuamisnesteisiin liittyviä asioita. Pystyimme tosin raapimaan vain asian pintaa. Selvitimme mm. muotiin tulleen kuivana (ilman lastuamisnestettä tapahtuvan) lastuamisen suomalaisia mahdollisuuksia. Osoittautui, että kuivana lastuaminen on joissain tapauksissa mahdollista, mutta työntekijöiden mielestä niin epämiellyttävää, että he käyttävät mieluummin nesteitä. Päädyimme johtopäätökseen, että kuivana lastuaminen on tuleva haaste, johon suoraan siirtyminen on lastuamisen menetelmästä riippuen joko vaikeaa tai mahdotonta. Sopiva väliporras ilmeisesti on nesteen säästävä käyttö tai kaasupuhallus.

Nesteen säästävä käyttö (minimineste) tarkoittaa pienen nestemäärän puhaltamista ilman mukana lastuamiskohtaan. Neste höyrystyy tai katoaa merkkejä

jättämättä lastuihin, mutta helpottaa oleellisesti lastuamista kuivaan lastuamiseen verrattuna. Tutkimuksessa on noussut esiin myös kaasujen, kuten ionisoidun ilman puhaltaminen lastuamiskohtaan nesteen korvaajana.

1.9 Kehityskatsauksia

1.9.1 Hitsaus sekä teräsrakenteiden valmistus

Hitsaus on nousut konepajojen tärkeimpien valmistusmenetelmien joukkoon. Hitsaus- ja leikkausmenetelmät ovat olleet jatkuvassa muutoksessa. Toisaalta menetelmien kirjo on laajentunut mm. laser- ja plasmatekniikoilla ja toisaalta niitä on automatisoitu - leikkausta numeerisin ohjaustekniikoin ja hitsausta mekaanisin laittein ja teollisuusrobotein. Aiemmin usein muun konepajatuotannon seassa suoritettu hitsattujen rakenteiden valmistus on eriytynyt vaativaksi erikoisalakseen.

Tarkastelujaksoon sisältyy siirtyminen puikkohitsauksesta mekanisoituun lankahitsaukseen, hitsauksen robotisoituminen ja uusien menetelmien, kuten kitkahitsauksen ja plasmahitsauksen tarjoama vaihtoehtoisten menetelmien käytön mahdollisuus. Hitsatun rakenteen tarkastamista, tavallisimmin ainetta rikkomattomin menetelmin, vaaditaan yhä useammin. Hitsaavan henkilöstön pätevyyskoulutus on osoittautunut tarpeelliseksi.

Hitsauksen merkitys ei Rautessa vielä 1960-luvulla ollut ykköstarkeysluokassa. Veteraanit kertoivat hitsausta yrittellyn päällystämättömillä lankapuikoilla jo Talvisodan alla, mikä oli jäänyt näpertelyksi. Sotien jälkeen hitsauksen merkitys kasvoi. Teräsrakenteiden lisääntyvät toimitukset saha- ja puulevyteollisuuden laitostöimäksissä korostivat hitsauksen merkitystä tuotantomenetelmänä samoin kuin Lahden tehtaan vanhan levyverstaan lopettaminen ja Nastolan aluksi pääosin hitsaavan tehtaan käynnistäminen.

Aloittaessani Rautessa tarvittava asetyleenikaasu valmistettiin vielä omalla kehittimellä. Laite oli pelottavan näköiseksi syöpynyt pönttö, joka onneksi pian

korvattiin pullokaasulla. Hitsauskoneet olivat silloisen tekniikan mukaan "pyöriviä".

Hitsaustekniikan ja -koneiden nopea kehitys vaikutti hitsauksen menetelmiin ja hitsaamojen ilmeeseen. Terästen sinkopuhdistus ennen tuotantoon tuloa oli merkittävä puhtaustekijä, kun ruoste ja hilse jäivät tehtaan ulkopuolelle. Tavanomainen hitsausmenetelmä oli puikko-hitsaus. Paljon hitsaava teollisuus käytti jauhekaarihitsausta, jonka laitteistoihin usein kuului hitsaustorni.

Raskaat pyörivät hitsauskoneet korvautuivat nopeasti kevyemmällä ja halvemmalla hitsausmuuntajilla. Yhden virtalähteen monipaikkahitsauslaitteet olivat kiinteissä hitsaamoissa yleisiä. Muuntavien hitsauslaitteiden kehitys on ollut nopea. Esimerkiksi vaihtovirtajännitteen taajuutta nostavat hitsausinvertterit tulivat markkinoille 1980-luvun lopulla. Ne mahdollistivat useiden hitsaustapojen, kuten puikko, MIG/MAG ja TIG-hitsauksen samalla koneella. Lankahitsaus puolestaan on korvannut perinteisen puikolla hitsauksen. Yhä monipuolisemmat hitsaustehdävät ovat mahdollisia. Teollisuusrobotti soveltuu mainiosti hitsaukseen, mistä johtuen niistä on tullut hitsaavien konepajojen suosittuja automatisointilaitteita.

Lujien terästen lisääntynyt käyttö luo hitsaukselle haasteita. Terästen kehitys on tuonut markkinoille joukon erikoisteräksiä, joiden ominaisuuksia ovat esimerkiksi kasvaneet lujuudet tai säänkestävyys. Ruostumattomien ja haponkestävien terästen käyttö lisääntyy, samoin alumiinien. Monet erikoisteräokset ja alumiinit ovat vaativia hitsattavia.

Kitkahitsauksessa liitettäviä kappaleita pyöritetään toistensa suhteen. Kitkalämmön tahmauttamat pinnat painetaan yhteen. Lappeenrannassa oli pieni kitkahitsauskone, jonka myötä sekin tekniikka liittyi tutkimuskohteisiini. Menetelmä on toki käyttökelpoinen, mutta vain kapealla sovellussektorilla.

Laserhitsauksesta on saatu hyviä kokemuksia. Laitteiston ennakoluulottomasti hankkinut Hakaniemen Metalli on ollut

menetelmän käyttöön tyytyväinen. Tekniikka näyttää Suomessa yleistyvän.

Hitsaukselle on tullut ohutlevyvalmisteissa vaihtoehtoisia liittämismenetelmiä, kuten erilaiset ruuvi- ja niittiliitokset sekä liitettävästä metallista liitoksen ilman lisäosia muovaava puristusliittäminen.

Hitsausteknisissä katsauksissa todetaan suomalaisen pienten eräkokojen ja räätälöinnin merkinneen hitsauksen kannalta yksinkertaisien staattisten rakenteiden suurta osuutta. Asentohitsauksia on runsaasti, hitsaus tapahtuu valtaosin käsityönä ja kaariaikasuhte jää matalaksi. Hitsauksen tehostamisen osalta on paljon tehtävää. Oma hankaluutensa on ollut osaavien hitsaajien suhdanteista riippuva ajoittainen niukkuus.

Hitsausasiantuntija Risto Karpin mukaan vielä sotien jälkeen lapsenkengissä olleen hitsaustekniikan edistymisen taustalla on kaksi merkittävää muutostekijää, tuottavuuden lisääntyminen ja materiaalien muutokset. Reilussa 30 vuodessa hitsauksen tuottavuus on kolminkertaistunut. Hitsattavat materiaalit ovat samanaikaisesti ohentuneet kolmasosaan keskimäärin runsaasta 20 mm:stä 7 mm:iin. Hitsauksen aiheuttamia muodonmuutoksia on myös opittu hallitsemaan aiempaa paremmin, mikä vähentää turhia ja kalliita työvaiheita.

1.9.2 Levytyöt

Numeerinen ohjaustekniikka tuli levytyökoneisiin lastuavan työstön sovelluksia seuraillen mahdollistaen paitsi tavanomaisten levytyökoneiden paremman ohjauksen, kuten vasteiden paikoituksen ja liikkeiden hallinnan sekä valvonnan osalta, myös monipuoliseksi osoittautuneiden levytyökeskusten kehittämisen. Ensimmäisiin levytyökeskusinvestointeihin kuului Koneen hissien valmistukseen 1970-luvun alkupuolella hankittu Behrens, jota vierailtiin paljon katsomassa. Levytyökeskusten ympärille on sittemmin rakennettu joustavia automaattisia vaimistusjärjestelmiä.

Sädemenetelmien käyttö varsinkin leikkauksessa on lisääntynyt. Laserleikkaus alkoi tulla konepajakäyttöön 1970-luvulla ja yleistyi sen jälkeen nopeasti. Kuvaava

esimerkki laserin eduista on Rosenlew-leikkuupuimurien valmistus. Puimurin peitteistöissä on runsaasti nakerrettuja aukkoja. Jälki oli rosoista ja käyttäjät valittivat haavoista ja rukkasten sekä hihojen repeytymisestä. Laserin hyvä leikkausjälki poisti tämän haitan ja laser osoittautui muutenkin sopivaksi. Ensimmäistä leikkaavaa levytyökeskusta seurasi pian toisen hankinta. Laser oli aluksi lähinnä ohutlevyjen leikkausmenetelmä, mutta laserleikkauksen sovellusalue on jatkuvasti laajentunut suurempiin levynpaksuuksiin.

Totutun happi-asetyleeni tai vastaavalla kaasulla leikkauksen rajoitus on huono soveltuvuus seostettujen terästen leikkaukseen. Tästä ja toki myös muista eduista johtuen leikkaukseen käytetään plasma-tekniikkaa, joka on suosittu varsinkin telakkateollisuudessa. Numeerinen ohjaus on erinomainen polttimien käyrän muodon liikkeiden ohjaustekniikka, joka syrjäytti nopeasti vanhan mallineen seuraamisen ja optisen ohjauksen.

Vesisuihkuleikkauksessa korkeapaineisella vesisuihkulla leikataan materiaaleja, myös teräksiä. Leikkausvaikutus tehostuu lisäämällä suuttimesta tulevaan suihkuun hiovaa ainetta eli abrasiivia. TKK:hon tullessani konepajatekniikan assistentit olivat saamallaan apurahalla tutkineet vesisuihkuleikkausta ja rakentaneet laitteistonkin. Apurahan loputtua into oli hiipunut. Painoin päälle ja sanoin, että laitteisto on saatava virkatyönä valmiiksi. Kunnolla se ei kuitenkaan koskaan toiminut. Myöhemmin selvisi, että käyttämämme vesijohtovesi ei ollut kyllin puhdasta, vaan olisi vaatinut suodatuksen. Arastelin myös laitteiston suuren paineen mahdollista turvallisuusriskiä.

VTT otti vesisuihkuleikkauksen tutkimuskohteekseen. Luovuimme tutkimuksesta ja annoimme kerätyn tiedon sekä laitteiston VTT:lle projektin johtoryhmän jäsenyyttä vastaan. VTT hankki kaupallisen laitteiston ja tutki tekniikkaa aikansa mm. robotoiden leikkauksen. Teräksiä paremmin menetelmä soveltui muihin leikkaustöihin, kuten kakkulevyn paloitteluun leivoksiksi ja pakastekalan sekä turkisten leikkaamiseen. Nykyään vesisuihkuleikkauksesta on tullut myös

teräslevyjen leikkaustekniikka laserleikkauksen rinnalle. Alalla on myös suomalaista koneiden valmistusta (Aliko Automation).

Tukkukaupan teräsvarastot ovat lisänneet jalostusastettaan perustamalla teräspalvelukeskuksia. Niissä kankimateriaali katkaistaan määräpituuksiin ja leikataan levyt haluttuihin mittoihin. Teräspalvelukeskusten käyttö on yleistynyt, mikä vähentää konepajojen investointeja teräksen esikäsittelyyn. Konepajat ovat myös ulkoistaneet ydintoimintaansa kuumalummattomia esikäsittelyosastojaan myymällä niiden toiminta ulkopuolisille yhtiöille.

1.9.3 Kokoonpano

Vähintään osin automatisoitu kokoonpano on mahdollista ja kannattavaa suurilla tuotantoerillä, varsinkin elektroniikka-teollisuudessa, mutta jo myös metalli- ja konepajateollisuudessa. Realistista on kuitenkin odottaa, että joustavan kokoonpanon laajamittainen käyttöönotto Suomessa ei silti pienerä- ja raskaspainotteisesta tuotantorakenteestamme johtuen vielä lähitulevaisuudessa ole nopeaa. Manuaalinen kokoonpano on ja pysyy vielä pitkään suomalaisen metalliteollisuuden kokoonpanon valtamenetelmänä, mikä tietenkään ei vähennä joustavasti automatisoidun kokoonpanon tutkimuksen ja käytännön investointien merkitystä. Tarvitsemme paljon tietoa ja kokemusta kokoonpanon automatisoimisesta, jotta osaamme soveltaa sitä kannattavasti oikeisiin kohteisiin. Tulevat kokoonpanojärjestelmät lienevät sekasysteemejä, jotka on soveltuvilta osiltaan automatisoitu joustavuudeltaan koneita ylivertaisemman ihmisen edelleen hoitaessa osan kokoonpanosta.

Pääosiltaan manuaalinen kokoonpano on ollut työnjohdollisesti ja tuotannonsuunnittelullisesti vaikeasti hallittava työvaihe. Esimerkiksi Rautessa pitkän kokemuksen hankkineet työntekijäryhmät kokosivat koneita satojenkin tuntien kokonaisurakkoina. Osien ja komponenttien puuttuminen häiritsi helposti kokoonpanon sujuvuutta. Kaikenlaiset kokoonpanon tehostamisyrietykset osoittautuivat enimmäkseen mahdottomiksi.

Asiointi jäi kaivelemaan. Kokoonpano oli kuin liukas saippua, josta ei otetta saanut. Päätin tutkijaksi siirryttyäni paneutua asiaan. Valitsin jopa TKK:ssa pitämäni virkaanastumisesitelmän aiheeksi kokoonpanon kehittämisen.

Kokoonpanoon liittyy mekaanisen asennuksen ohella erilaisia sähkö- ja putkitustöitä. Putkitusten rationaalinen valmistaminen edellytti Rautessa putkentaivutuskoneen hankintaa. Koneen kalliit työkalut, ulkoseinän taivutusleuka ja putken sisään tuleva tuurna, vaativat putkikokojen ja putkien seinämien paksuuksien pikaista standardisoimista. Nykyaikaiset putkien taivutuskoneet ovat taivutuksen ja valmiin putkiosan mittauksen osalta numeerisesti ohjattuja.

Tuotteiden kokoonpantavuuden selvittäminen kannattaa, sillä tuotekehitysvaiheen kokoonpantavuusanalyysi saattaa tuottaa siihen käytetyt panokset palkitsevammin takaisin kuin kokoonpanotyön laiteinvestoinnit. Suomessa on kokoonpanotekniikkaan erikoistuneita insinööritoimistoja, kuten Deltatron Oy, jonka analyysityökalua voi käyttää omien tuotteiden tarkastelun ohella kilpailija-analyysieihin ja raportointiin.

Kokoonpanon työnjärjestelyllä saadaan tuloksia, kun asioihin paneudutaan perusteellisesti. Toimivaksi työskentelytavaksi osoittautui purkaa suuri kokoonpanokokonaisuus osiin, joista tavanomaisin työntutkimus- ja rationalisointitekniikoin, kuten MTM, muodostetaan uusi tapa koota tuote. Tuotteiden moduulirakenteisuus on osoittautunut hyödylliseksi mahdollistamalla solu- ja tuoteverstasvalmistuksen. Solujen monitaitoiset työntekijät tekevät ristiin osien valmistusta ja kokoonpanoa, mikä on työpisteen suorituksen läpinäkyvyyden saavuttamisen ohella hyvä keino hallita työaikoja.

TKK:n Konepajatekniikan laboratorion kokoonpanon tehostamista selvittävään projektiin valittiin viisi konepajaa, joiden lähtötaso ei ollut huono. Tavoitteeksi asetettiin kolmasosan ajan säästö, mikä ylittyi kaikissa kohteissa. Tästä kerrotaan enemmän MET:n Teknisessä tiedotuksessa 7/87 Manuaalisen kokoonpanon tehostaminen.

Teollisuusautomaation kehitys käynnisti myös joustavan kokoonpanoautomaation pilottikokeilut sekä tutkimuslaitoksissa että edistyksellisissä tehtaissa ja samalla vilkkaan keskustelun kokoonpanon automaatiosta. Valvoin diplomityön, jonka tavoite oli tutkia automaattisen kokoonpanon mahdollisuutta ja kannattavuutta pienten nostinten valmistuksessa. Ajatus osoittautui teknisesti mahdolliseksi, mutta kannattavuusraja jäi silloisilla vuotuisilla tuotantomäärillä vielä etäiseksi.

1.9.4 Koneisiin lisää sähköä ja elektroniikkaa

Elektroniikan lisääntyminen ja uudenlaisten sähkölaitteiden käyttö muutenkin tuotteissa kasvatti näihin tehtäviin tarvittavien resurssien tarvetta. Esimerkkinä olkoon Rauteen kuuluvan Lahden Vaakan tuotteet. Perinteinen heilurivaakarakenne korvautui nopeasti elektroniikalla. Jopa niin nopeasti, että varastoon tilattuja autovaakojen raskaita palkkeja jäi epäkuranteiksi.

Vaakojen tuotekehitys haluttiin strategista syistä pitää omissa käsissä, mitä varten rakennettiin oma elektroniikkatehdas. Investointi siihen oli merkittävä. Elektroniikan ja uudenlaisten sähkölaitteiden lisääntyminen koski samalla lailla Rauten valmistamia puulevyteollisuuden koneita, joskin kehitys oli vaakateollisuutta hitaampi. Tuotekehitystä ja -suunnittelua oli kuitenkin merkittävästi lisättävä elektroniikan osalta.

1.9.5 Kallista pakkaamista

Raskaiden koneiden pakkaaminen on kallista. Tekemäni selvityksen mukaan vientipakkaaminen saattoi pahimmillaan nousta jopa lähelle kymmentä prosenttia koko toimituksen hinnasta. Neuvostoliiton toimitusten pakkausmääräykset olivat erityisen tiukat. Vientipakkauksilla oli mitä ilmeisimmin jälkikäyttöä, niin tarkasti niitä vastaanotettaessa tutkittiin.

Perinteinen vientipakkauslaatikko oli rungoltaan massiivinen parrurakenne. Se vuorattiin yläosastaan veden kestävällä tervapahvilla ja sivuilta laudalla. Laudan laadulle saatettiin asettaa erityisiä vaatimuksia, kuten höylätty ja oksan

suurin koko alle kolmasosa laudan leveydestä.

Raute tutki mahdollisuuksia halventaa pakkauskustannuksia. Yritys toimitti koneita vaneriteollisuudelle ja keksittiin pian ehdottaa käytettäväksi laatikkojen seinälevyinä kakkosluokan paksua vaneria. Tilaaja hyväksyi rakenteen, mistä syntyi merkittävä säästö. Selvitimme myös laboratorioni Ekotehdas-projektissa pakkaamista ympäristönäkökohtien kannalta.

Suomalaiset saattavat ylipakata tuotteitaan. Kuulin tapauksesta, jossa Saksan markkinoille toimitettavat tuotteet edellytettiin pakattavaksi paljon yksinkertaisemmin ja kierrätettävämmän kuin tehtiin. Hyvä esimerkki on osaltaan rakennustyömaille toimitettavien vesikalusteiden pakkaaminen asunto- tai kerroskohtaisiin suurpakkauksiin sen sijasta, että jokainen osa pakataan erikseen. Fiskars esimerkiksi suunnittelee saksien ja vastaavien tuotteittensa pakkaukset huolella hävitettävyyden ja kierrätettävyyden kannalta.

1.9.6 Tuotannon tietotekniikka

1.9.6.1 Työstökoneiden numeerinen ohjaus rantautuu Suomeen

Yksittäis- ja piensarjatuotannon automatisoinnin mahdollistaneella numeerisella ohjauksella on ollut ratkaiseva merkitys konepajojen tuotannon automatisoinnille, tehokkuudelle ja tarkkuudelle toki maailmanlaajuisesti, mutta myös Suomessa. Konepajamme ottivat käyttöön numeerista tekniikkaa nopeasti jo tekniikan pioneerivaiheissa

Työstökoneiden numeerisen ohjauksen käyttöön tuleminen ajoittui aktiiviseen insinöörikauteeni. Opiskelin TKK:ssa konepajatekniikkaa 1961-65. Professori Jorma Serlachius ei uskonut numeerisen ohjauksen nopeaan yleistymiseen, joten sen käsittely jäi vähiin - asiaan lienee vaikuttanut myös professorin huononeva terveydentila. Apulaisprofessori Huhtamo kiinnostui numeerisesta ohjauksesta, jota hän käsitteli myös luennoissaan. Huhtamo organisoivat opiskelijoille opintomatkan Valmetin Lentokonetehtaalalle, jossa silloin

oli kaksi numeerisesti ohjattua Gidding & Lewis -avarruskonetta. Ensimmäinen niistä on ainakin pohjoismaiden ja ehkä koko Euroopan ensimmäinen investointi NC-tekniikkaan. Vierailun isäntä oli konehankinnan vastuuhenkilö, teknillinen johtaja Olli Eloranta.

Numeerinen ohjaus kiinnosti aktiivisia konepajainsinöörejä. Kokemuksia vaihdettiin, messuilla käytiin ja perustettiin NC-Yhdistys, jonka perustajajäsen, myöhempi puheenjohtaja ja sittemmin myös lopettaja olen. Numeerinen ohjaus on osoittautunut oikeaksi tavaksi automatisoida suomalaisille konepajoille tyypillistä pienten erien valmistusta.

Jouduin numeerisen ohjauksen kanssa tekemisiin Rautessa, jossa Ilkka Lapinleimu käynnisti 1960-luvun lopulla numeerisesti ohjatun Skoda-avarruskoneen hankinnan. Lapinleimun siirryttyä toiseen työpaikkaan sain hankkeen hoidettavakseni. Tilattu kone oli uuden tekniikan aloituskoneeksi haastava, tsekkoslovakialaisen Skodan valmistama, pöytätyyppinen 5-akselin avarruskone.

Numeerinen ohjaus oli Rautessa siihen saakka tuntematonta tekniikkaa. Kävin kursseilla ja perehdyin parhaani mukaan asiaan, jota esittelin omassa yrityksessä koneen kanssa tekemisiin tuleville. Rautessa oli kuusi manuaalista avarruskonetta, joita pääosin käytettiin kahdessa vuorossa. Avartajat olivat kokeneita koneistajia - talon parhaita. Arveltiin kuitenkin, että vanhat koirat eivät opi uusia temppuja ja koneen käyttäjiksi valittiin kaksi nuorta jyrsiä. Valinta oli onnistunut, sillä heistä kehittyi nopeasti hyviä NC-avartajia. Koneen käytön ja ohjelmoinnin vastuu annettiin avarruksen hallitsevalle työnjohtajalle, jota uusi tekniikka kiinnosti. Koneen tehokkuus ja tarkkuus olivat aivan toista kuin ikään-tyneiden manuaalisten koneiden. Onnistunut alkua rohkaisi uusiin NC-investointeihin.

Numeerisesti ohjattujen työstökoneiden alhaisina pidetyistä käyttösuhteista huolestuttiin 1980-luvulla, jolloin ne otettiin korostettuun tarkkailuun Tapio Lakson tutkimusten innoittamana. Seurannan ja

kilpailujen avulla käyttösuhteita saatiinkin parannettua.

MET:n konepajatekninen tutkimustoiminta oli 1970- ja 1980-luvuilla aktiivista. Numeerinen ohjaus, ensin sen soveltaminen suomalaisiin konepajoihin ja sittemmin esimerkiksi käyttösuhteasiat, koettiin keskeiseksi valmistustekniseksi toiminnaksi, joten numeerinen ohjaus sai oman käyttöalaryhmänsä. Pienessä maassa harvat asiantuntijat kiinnitetään rinnakkaisiin tehtäviin, joten ei ole yllätys, että samat aktiivit toimivat sekä konepajoissaan että NC-käyttöalaryhmässä ja NC-Yhdistyksessä. Käyttöalaryhmän toiminta hiipui tärkeimpien tavoitteiden tultua saavutetuksi ja numeerisen ohjauksen vakiinnuttua konepajojen tavanomaiseksi tekniikaksi. Samasta syystä NC-Yhdistys fuusioitiin Konepajamiehet ry:hyn.

1.9.6.2 Tietokonetuettu tuotesuunnittelu

Tuotesuunnittelulle on tietoteknisen kehityksen myötä avautunut tehokkaita ja käyttäjäystävällisiä mahdollisuuksia. Valtaosa suunnittelusta on 1980-luvulta alkaen siirtynyt tietokoneavusteiseksi. Konstruktiotekniikan ohella ohjelmat tuottavat muutakin tietoa, kuten numeerisesti ohjattujen työstökoneiden ohjelmointikoodeja.

Tietokoneavusteinen tuotesuunnittelu nosti päätään 1970-luvulla. Näin tuolloin ensimmäisen kerran sen sovelluksen vieraillessani Aachenin teknillisessä korkeakoulussa, jonka laitteistolla suunniteltiin työstökoneiden rakenteita. Samanlainen laitteisto oli käytössä Lahdessa Luhtasen vaatetustehtaan ompelimossa, jossa sillä tehtiin mallien sijoittelua leikattaviin kangaspakkoihin. Mallien sijoittelu eli nestaus on tarpeellinen ja käsin tehtynä hankala sovellutus. Wärtsilän telakan laivalevyjen polttoleikkaukseen suunniteltu Styrbjörn esimerkiksi edusti omaperäistä suomalaista varhaiskauden tekniikkaa. Viimeksi mainitut sovellukset toki on tarkoitettu enemmän tuotannon kuin tuotesuunnittelun käyttöön.

Alkukauden CAD (Computer Aided Design) -ohjelmistot olivat tietokoneiden tuolloisen suorituskyvyn takia rajoittuneita. Uudesta tekniikasta haluttiin silti kokemuksia. Koneen silloinen teknillinen johtaja Krister Relander keskusteli asiasta kanssani. Hän päätyi hankkimaan yritykseen kaksi CAD-työasemaa arvellen niiden käytön olevan aluksi tappiollista, mutta hankkeesta saatavan kokemusta vastaisen varalle.

Kokemukseni CAD -kehityksestä on sivusta seuraajan asema. Tietokoneavusteisen suunnittelun alkukauden ongelman kerrotaan olleen, ettei paperille piirrettyä tuotekantaa ollut resurssisysteistä mahdollista nopeasti siirtää tietokoneelle. CAD:n hyödyt on saatu täysimittaisesti käyttöön vasta käsiteltäessä sillä alusta alkaen luotuja konstruktioita.

1.9.6.3 Numeerinen ohjaus laajenee CAM:iin ja CIM:iin

CAM tuli käyttöön hiljalleen laitteistojen kehitystä seuraillen. CIM:iin kohdistui 1990-luvulla paljon odotuksia ja suuri innostus. Sen laaja omaksuminen vaati kuitenkin aikansa. Eräiden, varsinkin saksalaisten konepajojen, kokemien pettymysten seurauksena nimitys CIM jäi vähemmälle käytölle ja se korvautui mm. nimityksellä CAE (Computer Aided Engineering). Monet CIM:iin kohdistuneet odotukset ovat ajan myötä toteutuneet osana muuta kehitystä.

Tietotekninen kehitys mahdollisti automaation laajentamisen työstökoneen ulkopuolelle kytkemällä samaan järjestelmään esimerkiksi konstruktöörin suunnitelmista syntyvä valmistustekninen data ja tuotannon ohjaus. Käyttöön vakiintuivat lyhenteet CAM (Computer Automated Manufacturing) ja CIM (Computer Integrated Manufacturing).

Tuotteiden ja prosessien innovatiivisuutta pidettiin 1990-luvulla tärkeänä. TKK:n Konepajatekniikan laboratoriossa oltiin CIM:n suhteen aktiivisia, minkä seurauksena oli laaja CIM -projektityö yhteistyössä silloisen Teollisuusautomaation Instituutin (sittemmin BIT) kanssa. Läheisenä tutkimuskumppanina oli professori Hans Andersinin johtama laboratorio. Määrittelimme CIM:n liiketoiminnan kehittämiseksi teollisuus-

automaation ja tietotekniikan keinoin. Laboratoriomme CIM-tutkimuksessa oltiin jälkikäteen arvioituna liikkeellä liian aikaisin.

1.9.6.4 Rajoitetusti miehitetty ja miehittämätön käyttö

Työstökoneiden rajoitettu ja miehittämätön käyttö ovat olleet välttämättömiä kehitysvaiheita tavoiteltaessa työstön tehokkuutta ja valmistusjärjestelmien automatisointia. Numeerisesti ohjattuja työstökoneita käytettiin ensin yksittäisinä (stand alone) koneina ilman erityisempiä oheislaitteistoja. Tekniikan kehittyessä koneisiin liitettiin oheislaitteistoja mm. työkappaleitten käsittelyyn. Tällöin tuli mahdolliseksi jättää työstökone käyntiin siten, ettei koneenkäyttäjän ole tarpeen jatkuvasti paikalla ollen ohjata sen toimintoja. Alettiin puhua rajoitetusti miehitetyistä tai kokonaan miehittämättömistä käyttöjaksoista. Mitä pitempiä miehittämättömät jaksot olivat, sen parempi.

Työstökoneen on tietysti sovelluttava rajoitetusti miehitettyyn toimintaan, mikä tarkoittaa esimerkiksi työkalujen vaihtajia ja riittävän suuria työvälinevarastoja sekä mitaltaan säädettävien tai esiasetettujen työkalujen käyttämistä.

Aihoiden työstökoneelle panostamisen, työstön valvonnan ja valmiiden osien poistamisen automatisointi on rajoitetun miehityksen tärkeä osa. Siihenkin tuli tarjolle toimivia ratkaisuja automatisoitujen varastojen, kehittyneen mittaus- ja valvontatekniikan, manipulaattoreiden ja erityisesti teollisuusrobottien ansiosta.

1.9.7 Tuotantoautomaatio

Aloittaessani konepajan tuotanto-insinöörinä valmistuksen automaatioaste oli sekä Suomessa että Rautessa alhainen. Suurten sarjojen automatisointi toki oli mahdollista jäykän automaation keinoin. Sen edellyttämiä eräsuuruuksia ei Rautessa eikä juuri muissakaan suomalaisissa konepajoissa ollut. Ainoita jollain tasolla puoliautomaattisiksi miellettyjä koneita olivat yksi kopiosorvi ja muutama revolverisorvi. Kopiosorvillekaan ei riittänyt töitä kuin ehkä päiväksi viikossa.

Suomessa oli tuolloin jo siirrytty numeeriseen kauteen Valmetin Lentokone- tehtaan avarruskonehankintojen ja eräiden muiden alan pioneerien myötä. Muissa konepajoissa numeerisista koneista vasta haaveiltiin ja niillä saatavia etuja puntaroitiin. Numeerista ohjausta edeltäneitä nokka-, tulppa- tms. ohjattuja työstökoneita oli käytössä joitain harvoja.

Numeerisesti ohjattu työstökonekanta alkoi kuitenkin nopeasti lisääntyä. Teollisuusrobotit seurasivat niitä vaihesiirrolla. Ensimmäiset omakohtaiset kokemuksenäistä olivat Skoda avarruskoneen hankinta Rauteen 1960-luvun lopulla ja teollisuusrobotin kytkemistä sorvin kappaleenkäsittelijäksi käsitelleen diplomi-työn valvonta 1980-luvun alussa.

Numeerisesti ohjatut työstökoneet ovat kalliita, joten niitä on käytettävä mahdollisimman suuri osa vuorokauden tunneista, Fastemsin sloganin mukaan kaikki vuoden 8 760 tuntia. Selvitetessä koneiden toteutuneita käyttösuhteita niiden huomattiin olevan kohtuuttoman alhaiset, mikä käynnisti onnistuneen kampanjan nostaa ne hyväksyttävälle tasolle.

Yksittäisiä ns. stand alone työstökoneita käytettiin numeerisen ohjauksen alkuaikoina koneeseen sidotun käyttäjän voimin. Hän huolehti koneen käytöstä ja vaihtoi tarvittavat työkalut ja työstettävät kappaleet. Rajoitetusti miehitettyyn käyttöön siirryttiin sen osoittauduttua teknisesti mahdolliseksi. Kovin pitkien jaksojen täysin miehitämätön käyttö on kuitenkin todettu liian kalliiksi ja riskipitoiseksi.

Rajoitetusti miehitetyn käytön mahdollisuus raivasi edelleen tietä joustaville automaattisille valmistusjärjestelmille, FMS (Flexible Manufacturing System). Pienet järjestelmät koostuvat vähintään kahdesta tai muutamasta työstökoneesta. Suurissa järjestelmissä saattaa olla kymmeniä työstökoneita ja muita laitteita, kuten pesukoneita.

Suomi on ollut pienten joustavien valmistusjärjestelmien edelläkävijämaa, mistä johtuen suomalaisissa konepajoissa päästiin hyvin mukaan tähän tekniikkaan.

Valtaosa suomalaisiin konepajoihin investoiduista laitteista on hankittu Valmetilta/Fastemsilta, jonka hyllystöhisratkaisu on osoittautunut vaihtoehtoisia rakenteita toimivammaksi.

FMS:t ovat olleet huomattavan innostuksen kohteina myös sellaisissa tutkijapiireissä, joissa niistä ei ole lainkaan käytännön kokemusta. Joustavista valmistusjärjestelmistä tehtiin Suomessakin 1980-luvulla monenlaista tutkimusta, jota myös julkaistiin kansainvälisissä seminaareissa. Tutkimusinto ihmetytti FMS-tekniikan todellisia tekijöitä, joilla ei ollut käytännön töiltään mahdollisuuksia tieteelliseen asiaan paneutumiseen. Tutkijoiden jotkut tulokset myös tuntuivat verstaalamälle vierailta. En esimerkiksi oikein ymmärtänyt joustavan valmistus-tekniikan "penetraation" tutkimisesta saatuja tuloksia ja niistä mahdollisesti saatavia hyötyjä. Yli-innokas tutkimus hiipui tekniikan uutuusarvon vähennyttyä arkipäiväistymisen myötä. Siitä saatu hyöty varmaan oli suomalaisen alan osaamisen saattaminen kansainväliseen tietoisuuteen. Suomalaiset FMS:ät esimerkiksi nostettiin "pienen ja yksikertaisten" järjestelmien sarjan voittajiksi.

Investoinnin tähdätessä kapasiteetin oleelliseen lisäämiseen on kannattavuuden edellytyksenä luonnollisesti, että kasvanut tuotanto on sijoitettavissa markkinoille. Automaattisten järjestelmien kannattavuus ei siedä alhaista käyttösuhdetta. Markkinoinnin ennusteen on siis oltava oikea. Käytettävyyys on toinen tärkeä kannattavuuteen vaikuttava tekijä. Hyvä käytettävyyys edellyttää järjestelmän luotettavaa toimintaa ja huollon nopeaa saatavuutta. Joustavien automaattisten kokoonpanojärjestelmien vikavälit ovat vielä toistaiseksi olleet olennaisesti lyhyemmät kuin käyttöön jo vakiintuneemmissa uusissa tekniikoissa, kuten lastuavissa numeerisesti ohjatuissa työstökoneissa ja konejärjestelmissä.

Pitkäaikaiseen havainnointiin perustuvassa Veli Matti Kuisman väitöskirjassa /138/ pohditaan FMS:istä saatuja kokemuksia. Järjestelmien todetaan vastanneen odotuksia eri tavoin, joukossa on sekä hyvin onnistuneita että vähemmän onnistuneita laitteistoja. AEL otti diplomityön pohjalta

1980-luvun puolivälillä käyttöön opetus-tarkoituksiin hankitun FMS:n, jolla AEL koulutti tuhatkunta suomalaisista FMS-käyttäjää.

Käytännön järjestelmäkokemusta hankkineen Kuisman väitöstilaisuudessa pohdittiin syytä FMS:iä kohtaan osoitetun tutkimusinnon hiipumiseen. Luonnollinen syy on tekniikan arkipäiväistyminen. Sen lisäksi myös arveltiin, että FMS:ät eivät ole vastanneet kaikkiin niihin kohdistuneisiin merkittävää teknologiahyppäystä ja uutta tapaa tuottaa koskeviin odotuksiin. Ne ovat jääneet yksinäisiksi automaatioasarekkeiksi, eikä koko prosessin virtaama ole kohentunut arvellulla tavoin. 1990-luvun alun lamalla oli toki myös vaikutusta FMS-investointien määriin.



Kuva 1.7 TKK:n Konepajatekniikan laboratorioon saatiin hankittua pitkäaikaisella hankintarahojen säästämällä ja Valmetin lahjoituksin sorvista, koneistuskeskuksesta, robotista ja korkeavarastosta koostuva opetus-FMS. Robotin rata rakennettiin itse.

Fastemsin johtaja Juhani Rantalainen totesi Kuisman väitöstilaisuuden johdosta käydyssä keskustelussa USA:n 1980-luvun FMS-investoinneista epäonnistuneen peräti 50-70 %:a ja Englannissa vastaavasti 67 %:a. USA oli vuonna 2007 nopeasti kasvava alan markkina. Mistä johtuu automaattisten joustavien valmistusjärjestelmien uusi tuleminen? Ovatko muuttuneet kansakunta, tekniikka vai olosuhteet, vai ehkä kaikki? Onko Suomessa havaittavissa samoja ilmiöitä? Väitöskirja ei vastaa näihin kysymyksiin, mutta antaa elementtejä niitä koskevaan pohdintaan.

Kuisman väitöskirjan keskeinen sanoma kiteytyy sosiotekniseen järjestelmänäkö-

kulmaan. Puhutaan valmistusverstaista, joissa itse pääjärjestelmän lisäksi on muutakin tekniikkaa. Ihmisellä ja ihmisen tarpeilla sekä koneilla ja koneiden ominaisuuksilla on merkittävä vuorovaikutussuhde, kun automaatiosta halutaan ottaa "kaikki irti". Niin järjestelmän käytössä kuin hankinnan suunnittelussakin onnistumisen ratkaisevat osallistuvat ihmiset ja heidän motivaationsa. Tuotantojärjestelmä on useimmiten laaja kokonaisuus, joka vaikuttaa noin 15 vuoden ajan ympäristössä; usein kyseessä on "tehdas tehtaassa" -tason valmistuspoliittinen päätös, jonka onnistumiseen vaikuttavat: riittävä NC-kokemuspohja, huolellinen käyttöönoton suunnittelu, ulkopuolisen avun käyttö, ihmisten laaja mukaanotto ja sitouttaminen sekä panostus järjestelmäkoulutukseen. Investointien taloudellinen kannattavuus on ollut keskeinen onnistumiskriteeri. Lähes kaikki investoinnit paransivat tuotelaatua ja toimitusvarmuutta, sitoivat vähemmän ihmisiä tuotantoon, tuottivat enemmän kappalemääriä samalla henkilömäärällä ja moninkertaistivat varastojen kiertonopeutta.

Toisin kuin kone, ihminen kyllästyy, hapa-roi, demotivoituu ja muuttuu epätas- mallisemmaksi. Tutkimuksen järjestelmä-käyttäjät kokevatkin työskentelyn FM-järjestelmissä muuttuneen vuosien saatossa yksipuolisemmaksi, raskaammaksi, vähemmän vaativaksi, yksitoikkoisemmaksi sekä esteeksi työuran etenemiselle ja oppimismahdollisuuksille.

Kuisma toteaa automatisoinnin olevan taloudellisten mittareiden perusteella ehdoton konepajatuotannon kehitysedellytys. Kaikki havaintotapaukset tukevat tätä käsitystä. Investointihankkeita on alusta asti käsiteltävä sosioteknisenä kokonaisuutena ja otettava sosio-osapuoli mukaan hankkeeseen mieluummin liian varhain kuin liian myöhään ja sitoutettava heti alkuvaiheessa.

Autonomisesta tuotannosta alettiin kiinnostua tekniikan kehittymisen avaamien mahdollisuuksien myötä 1980- ja 1990-luvuilla. Japani oli tuolloin tuotantoautomaation, kuten miehittämättömän konepajavalmistuksen, edelläkävijä. Sitä tutkittiin leveällä rintamalla ja käynnistettiin

eräitä kunnianhimoisia kokeiluhankkeita. Tekniikka ei kuitenkaan vielä sallinut taloudellisesti kannattavaa ja toimintavarmaa miehittämätöntä tuotantoa. Japanin talouden alamäki ja 1990-luvun alun matalasuhdanne hiljensivät siellä alan kokeiluja. Suomeen näitä investointeja ehditty tehdä.

Saksan konepajateollisuus on perinteisesti ollut perheyrittäjäpohjaista ja vanhoillista eikä aluksi noussut modernien ajatusten pioneirikokeilijaksi. Numeerinen ohjaus rantautui 1960-luvulla Liittotasavaltaan kilpailijamaihinsa, myös Suomeen, verrattuna hitaasti. Muutamat 1980-luvun joustavien valmistusjärjestelmien kokeilujen takaiskut lisäsivät varovaisuutta. 1980/90-lukujen taitteen CIM-innostus sai Saksassa huonon kaiun. Eräissä lehti-artikkeleissa CIM:iä jopa pidettiin Saksan konepajateollisuuden suurena katastrofina.

1.9.8 Teollisuusrobotit

Kiinnostus teollisuusrobotteja kohtaan heräsi 1970-luvulla. Kirjoitin tuolloin messukokemuksiini perustuvan artikkelin ”Teollisuusrobotit tulevat”. Se lukeutuu ensimmäisiin alan suomalaisiin katsauksiin. Suomessa oli tuolloin käytössä vasta pari robottia. Kiinnostuksesta robotteja kohtaan syntyi myös Suomen Robotiikkayhdistys, joka julkaisi pitkään vuosittaisia robottitilastoja. Oma ensikosketukseni teollisuusrobotteihin oli vuonna 1981 tehty diplomityö teollisuusrobotin kytkemisestä sorvin panostajaksi, mikä oli tuolloin Suomessa vielä uutta tekniikkaa.

Robotteja otettiin käyttöön ennusteita hitaammin, silti niiden määrä kasvoi ja 1990-luvulla ne olivat jo tavanomaisia investointeja. Teollisuusrobottien suosituimmat sovellukset ovat valimojen ja takomoiden sekä levytyökoneiden kappaleiden, sulan jne. käsittely, lastuavien työstökoneiden panostustehtävät, hitsaus ja kokoonpano, joskin käyttökirjo on laaja.

Esimerkiksi Sisu Dieselin tehtailla Linnavuoressa toimii kuutisenkymmentä teollisuusrobottia ja Peikon Lahden tehtaalla hitsaa reilut parikymmentä robottia. Peikon investointivauhti on ollut noin yksi hitsausrobotti kuukaudessa. Teollisuus-

robotit soveltuvat hyvin kokoonpanon automatisoimiseen.

1.10 Organisointia ja tekniikkaa tukevia tekijöitä

1.10.1 Standardisointi

Kehityshakuiset konepajamme ryhtyivät 1960-luvulla laatimaan omaan käyttöönsä tuotesuunnittelua ja tuotantoa selkiyttäviä tehdasstandardeja. Samalla syntyi valmius ottaa käyttöön atk-pohjaisia varastokirjanpitojärjestelmiä. Tämäkin standardisointi toki vaikutti yritysten kilpailukykyyn ja tulokseen, harvoin kuitenkaan kertaluokkatasolla. Sen ansiosta yrityksille syntyi valmiudet siirtyä toiminnan parantamisen kannalta merkittäville standardisointitasoille, ennen kaikkea moduulirakenteiseen tuotestandardisointiin. Siirtyminen 1900-luvun lopulla tuumakierteisistä metrisiin kiertisiin esimerkiksi oli vähäiseltä kuulostava, mutta kaikilta vaikutuksiltaan merkittävä kulttuurin muutos.

Standardisoinnista on käytetty pitempää kirjoitusasua, joskin lyhempi kirjoitustapa standardointi valtaa alaa. Suomessa ei suosita muiden kielialueiden normijohannaisia. Jaottelen standardisoinnin tasot seuraavasti:

1. kansainvälinen taso (esim. ISO)
2. suuralueellinen taso (esim. EU)
3. kansallinen taso (esim. DIN, SFS)
4. yritystaso
 - perustandardit (ruuvit, materiaalien koot jne.)
 - komponenttistandardit (toisen yrityksen tuote on toisen komponentti, esim. hydraulinen koneikko)
 - tuotestandardit (standardituotteet tai moduloidut tuoterakenteet)

Rauten menetelmäkehitykseen liittyen tehtäväkseni annettiin vuonna 1966 yritysstandardisoinnin käynnistäminen. Saksalainen DIN oli toki yleisessä käytössä, samoin suomalaiset SFS- ja niitä edeltäneet TES -standardit. Näiden standardien valikoimat olivat liian laajat, joten yrityksen oli karsittava niitä. Vakavampi puute oli, että ylemmän hierarkian standardistoista puuttuivat monet yrityksen kannalta tärkeät standardit.

Standardisointi organisoitiin perustamalla Raute-tehdasstandardien kokoelma. Standardisointia ohjasi tuotesuunnittelun, hankinnan ja tuotannon edustajista koostuva standardisoimiskomitea. Se valmisti standardiesitykset, jotka joko suoraan tai tarvittavan koekäyttöajan jälkeen vahvistettiin tehdasstandardeiksi. Käytännön työn suoritti aluksi kokopäivä- ja sittemmin sivutoiminen standardisoimisinsinööri. Standardit, joista oli olemassa kansallisia tai kansainvälisiä esikuvia, laadittiin esikuvien mukaisina, mutta karsituin valikoimin, esimerkkinä ruuvien ja terästen mittat. Esikuvien puuttuessa valmistettiin ja otettiin käyttöön oma tehdasstandardi.

Tehdasstandardeja laadittaessa havaittiin hyödylliseksi vaihtaa standarditietoja yritysten välillä ja syntyi löysiä verkostoja. Niiden yksinkertaisin muoto oli vaihtaa informaatiomielessä eri tehtaiden standardeja. Yhteisiä tapaamisiakin järjestettiin. Rauten aktiivisimmat kumppanit olivat Ahlström (Karhulan tehtaas), Kone ja Tampella.

Standardisointi eteni aluksi nopeasti, kun kohteita oli runsaasti. Vauhti hiljeni standardien kattavuuden kasvaessa ja taukosi kyllästymispisteen tullessa. Seuraava sysäys standardisoinnin päivittämiseksi tuli yrityksen siirtyessä atk-pohjaiseen varastokirjanpitoon.

Moduulirakenteet avasivat 1980-luvulta alkaen tuotannossa tien solujen ja tuoteverstaiden käytölle sekä JOT-tuotannolle. Moduloitujen rakenteiden valmistamisen ulkoistaminen on myös helpompaa kuin räätälöityjen tuotteiden. Aiemman standardisoinnin hyödyt jäivät parhaimmillaankin yritysten kokonaistulosten kannalta vähäisiksi. Standardisointityö oli kuitenkin ollut välttämätön ponnahduslauta ylemmille tasoille.

Moduuleilla muodostetaan joko kokosarja tai rakennesarja tai molemmat. Onnistumisen mahdollisuudet ovat paremmat, jos tuotteella on ennestään sopiva konstruktiivinen kypsyys. Moduulit helpottavat tuotekehityksen kohdistamista. Moduuleja ovat mm. laadulliset moduulit, vaikkapa telan leveys ja määrälliset moduulit, kuten telojen määrä. Moduulien

käyttö edellyttää tiettyä saman tuoteperheen tuotantovolyymiä. Moduulirakenne antaa konstruoinnissa edun yhdistellä standardimoduuleista nopeasti eri variaatioita. Suunnittelu sujuu testattuja ja toimivia moduuleja käyttäen nopeasti ja virheettömästi. Samalla syntyvät tarvittavat dokumentit.

Menestyvä modulointi edellyttää vuorovaikutteista tuotesuunnittelun ja valmistuksen välistä yhteistoimintaa, jolloin kaikkien näkökannat tulevat huomioon otetuksi. Työmäärä on suuri, jopa useita henkilötyövuosia. Markkinointiaakaan ei sovi yhteistyökumppanina unohtaa, sillä siellä on paras tietämys herkkien markkinoiden käyttäytymisestä ja asiakkaiden ajatuksista.

Moduulirakenteiden suosiminen nousee merkittäväksi aluksi tiellä soluvalmistukseen ja edelleen JOT-tuotantoon. Moduulit antavat sysäyksen solujen ja tuoteverstaiden laajemmalle käytölle tuotannossa. Yhteisvaikutukseltaan huomattavat edut ilmenevät paitsi välittömänä valmistuksen rationalisoinnina myös välillisinä työn järjestelyn, logistiikan yms. helpotuksina. Kokonaistuottavuus sekä laatu paranevat ja läpäisy nopeutuu.

Moduulien soveltaminen tukee JOT-tuotantoperiaatetta luomalla tuotteiden virtaaman edellytykset. JOT:n ajatusmaailmassa on moduulien kannalta monta kiinnostavaa elementtiä, kuten nopea läpäisy aika (suunnittelu => valmistus => kokoonpano), pienet eräsuuruudet, tuotteen mukainen layout, lyhyet asetusajat, työpaikkojen siisteys ja rationaalisuus, imuohjaus sekä toimiva osahankkijaverkko.

Kokemukset moduuleiden soveltamisesta suomalaisissa konepajoissa ovat vahvistaneet uskoa, että moduulit ovat monasti alku tiellä parempaan. On toki selvä, ettei moduulirakenne sovi kaikkiin tuotteisiin. Erityisen arvokkaiksi moduulit ovat osoittautuneet kokoonpanossa. Niiden suosiminen on lähes ainoita tapoja saada suomalaisille konepajoille ominaisen sekatuotannon kokoonpano hallintaan, sillä moduuliperiaate auttaa jakamaan kokoonpanon osakokoonpanoksi. Se tekee

toisaalta mahdolliseksi kokoonpanotyön tehokkaan rationalisoinnin ja toisaalta kokonaisuuksien osahankinnan.

1.10.2 Ryhmäteknologia

Standardisoitiin lukeutuva ryhmäteknologinen ajattelutapa nousi 1960-luvulla Suomessakin keskustelujen kohteeksi. Sitä noudattamalla pieninä sarjoina tai yksittäin valmistettuihin tuotteisiin tai oikeammin niiden osiin voidaan soveltaa sarjatuotannon kaltaisia rationalisointimahdollisuuksia.

Ryhmäteknologia ei tullut sitä kohtaan tunnetusta mielenkiinnosta huolimatta vielä 1960-luvulla yleisesti käyttöön, kun sen soveltaminen ei tuonut toivottua lisäarvoa. Sittemmin se osoittautui käyttökelpoiseksi suunniteltaessa ja organisoitaessa tuotantoa ja investointeja. Erityisen hyväksi työvälineeksi ryhmäteknologinen ajattelutapa on osoittautunut muodostettaessa soluja ja tuoteverstaita.

Ryhmäteknologia kiinnosti Ilkka Lapinleimua ja keskustelimme paljon sen mahdollisista hyödyistä. Tuloksena oli päätös kokeilla Rautessa ryhmäteknologiaa tavoitteena toisaalta vähentää toistuvia samankaltaisia, mutta kiusallisen poikkeavia, konstruktioita (joita todella riitti) ja toisaalta näin vähentää työlästä ja kuormitettua urakoiden laskentaa. Totesimme pian valmiina olevat luokittelujärjestelmät, ensi sijassa professori Opitzin aachenilaisen WZL -järjestelmän, liian monimutkaiseksi. Päätimme laatia oman luokituksen. Koodiltaan viisi-numeroinen Raute-luokitusjärjestelmä syntyi iltatöinä. Olimme siihen kovin tyytyväiset. Koodin kaksi ensimmäistä numeroa ilmoitti työkappaleen muodon, kuten hammastettu akseli, sorvin koura, kotelo, vipu, laatta jne. Kaksi seuraavaa määritteli osan koon suurimpien mittojen avulla, esimerkiksi suurin halkaisija sekä pituus ja viimeinen kappaleen sen materiaalin, kuten nuorrutusteräs, messinki jne.

Laaditun koodauksen soveltamisesta annettiin mahtikäske. Tuotesuunnittelijan oli täytettävä koodattu kortti suunnittelemaansa osasta ja samoin urakanlaskijan laskelmastaan. Uutta osaa suunniteltaessa oli ensin katsottava kortistosta oliko jo olemassa samanlaista

tai samankaltaista ja mahdollisesti tähänkin tapaukseen soveltuvaa osaa. Urakointiin annettiin vastaava ohje.

Kysellessämme järjestelmän toimivuudesta saimme vältteleviä vastauksia. Pian ilmeni, ettei koodausta viitsitty tehdä eikä siitä koettu olevan apua. Volyymikoodeihin kertyi niin paljon kortteja, ettei käyttö onnistunut ja muutamat harvat vaativat osat tunnettiin muutenkin. Hienona pitämämme järjestelmä haudattiin vähin äänin. Tulokseksi jäi kuitenkin ryhmäteknologian tuntemus, jolle tuli käyttöä myöhemmin tuotesoluja ja -verstaita rakennettaessa. Kokemukset muista konepajoista olivat samansuuntaiset. Tampella oli esimerkiksi erityisen aktiivinen ja teetti parikin diplomityötä ryhmäteknologian soveltamisesta.

1.10.4 Arvoanalyysi

Arvoanalyysi tuli Suomeen Juhani Linnosen kertoman mukaan vuonna 1963 soveltajapioneerinä Valmet. Linnoinen kertoo arvoanalyysillä kyetyn alentamaan Vire-venemoottorin valmistuskustannuksia 30 %:a. Arvoanalyysi jäi alkuperäisen laajassa muodossaan valmistuseriemme pienuudesta johtuen Suomessa harvojen yritysten käyttöön. Sen työskentelytavat loivat kuitenkin pohjaa sittemmin menestyksellä sovelletuille arvoanalyysillä kevyemmille ryhmätyömuodoille ja lean-ajattelulle.

Ensimmäinen täydennyskoulutuskurssi, jolle työnantajani minut lähetti, oli Rastorin vuonna 1966 Helsingissä järjestämä arvoanalyysikurssi. Arvoanalyysi kiinnosti tuolloin konepajoja. Ensimmäisten yleisesti tarjottujen kursien luennoitsijat, joukossa minunkin kurssini, olivat englantilaisia. Kun suomalaisia osajia koulututtui, kursseja alettiin järjestää kotimaisin voimin.

1.10.3 Valmistuksen ja tuotesuunnittelun yhteistyö

Tuotekehitys/-suunnittelu ja valmistus elivät 1960-luvulla omaa elämänsä. Konstruktöörin työväline oli piirustuslauta. Valmistusteknisen tiedon saaminen suunnittelun tueksi oli hankalaa ja orga-

nisoimatonta. Asiaan alettiin kiinnittää huomiota 1970- ja varsinkin 1980-luvuilla, mikä lähensi näitä toimintoja ja kannusti niitä yhteistyöhön paremmin ja edullisemmin valmistettavien tuotteiden luomiseksi. Erinomaisia tuloksia on saavutettu kohdistamalla ryhmätyö tuotetasolle ja soveltamalla tuotteiden rakenteisiin modulointia, minkä heijastusvaikutukset esimerkiksi mahdollisuuteen muodostaa tuotesoluja ja -verstaita sekä soveltaa JOT-tuotantoa paranevat merkittävästi. Tietotekninen kehitys avaa ryhmätyölle uusia mahdollisuuksia.

Tuotteen menestykseen vaikuttaa monta osatekijää, jotka konstruktöörin on osattava ottaa oikealla tavalla ja painolla huomioon. Se saattaa olla oman kokemuspiirin varassa joko vaikeaa tai mahdollonta, joten konstruktööriä halutaan auttaa kulloinkin tarkoituksenmukaisimmaksi katsotuilla tavoilla.

Alkeellisin konstruktöörin käyttöön tarkoitetun tuen muoto ovat niksikokoelmat, joihin suunnittelija voi perehtyä omatoimisesti. Suomalainen niksivihkokauden edustaja oli 1960-luvun lopulla ryhmätyönä kirjoitettu Tekninen tiedotus 3/71 "Koneistettavan kappaleen suunnittelu", jonka kirjoittajaryhmään kuului. Julkaisu sai kentällä hyvän vastaanoton ja on ollut suosittu tekniikkojen ja insinöörien koulutuksessa. Niksivihkoista jalostui kehittyneempiä ohjeistoja, joissa konstruktöörejä opastettiin valmistusteknisissä asioissa. MET:n tuotesuunnittelutekniikan toimikunnan tavoitteena oli 1970- ja 1980-luvuilla tuottaa yleisimmistä valmistusmenetelmistä ja materiaalien valinnasta konstruktiiivisia ohjeistoja. Tavoite osin saavutettiin, mutta jäi osin kesken. Ohjeistoja julkaistiin mm. toleranssien ja pinnankarheuksien valinnasta, NC-tekniikan huomioon ottamisesta tuotesuunnittelussa, ohutlevyrakenteiden ja meistettävien osien suunnittelusta, liimauksesta, valujen ja takeiden käytöstä, kokoonpantavuudesta ja materiaalien valinnasta.

Niksivihkoja kehittyneempiä tukimuotoja ovat yhteistoimintatavat, kuten konsultointi ja ryhmätyö, joiden organisaatiomuodot ovat ajasta ja yrityksestä riippuen vaihdelleet laajoissa rajoissa.

Vaikka tuotteen yksittäisten osienkin konstruktiiivinen kypsyys on tärkeä, parhaimmat tulokset saadaan yleensä samanaikaisesti sekä osiin että koko tuotteeseen kohdistuvalla yhteistoiminnalla.

Ajatus konstruktöörin ja valmistusosastojen organisoidusta yhteistyöstä on varmasti syntynyt monissa eri paikoissa. Suomessa sitä ei juurikaan kokeiltu ennen 1970-lukua. Huolimatta teknisen tiedotuksen 3/78 "Valmistuksen ja tuotesuunnittelun yhteistyön organisointi" myönteisistä esimerkeistä organisoitu yhteistyö ei yleistynyt. Sitä ilmeisesti vierastettiin hankalana ja näennäisesti kalliina ratkaisuna eikä kulttuuri vielä ollut siihen kypsä. Esitettyjen yhteistyömallien kohteina olivat tuotteiden yksittäiset osat, mistä johtuen kirjoittaja sittemmin nimesi mallin osatason yhteistoiminnaksi.

Ajan myötä huomattiin erityisen kannattavaksi kohdistaa ryhmätyö osatason ohella koko tuotteen konstruointiin. Kirjoittajan tuotetason ryhmätyöksi nimeämää toimintamallia käsitellään teknisessä tiedotuksessa 6/87 "Tavoitteellinen ryhmätyö konepajoissa". Tuotteiden rakenteiden modulointi on keskeinen tuotetason ryhmätyön keino.

Kirjoittaja otti kantaa tuotesuunnittelun ja valmistuksen yhteistoimintaan jo 1970-luvulla, kun sitä ei vielä ollut "löydetty" laajoilla julkaisufoorumeilla, kuten tietysti pian tapahtui. Aihetta ovat käsitelleet mm. tanskalainen professori Mogens Myrup Andreassen ja KTH:n professori Gunnar Sohlenius. Tuotesuunnittelun ja valmistuksen yhteistoimintaa on kutsuttu useilla nimillä, kuten valmistusystävällinen konstruointi, integroitu tuotesuunnittelu, concurrent engineering ja jo ilmeisen vakiintunut simultaanisuunnittelu (SE, Simultaneous Engineering). Suunnittelu voidaan toki myös kohdistaa tiettyihin menetelmiin, kuten valuihin tai kokoonpanoon (DFA, Design For Assembly). DFA:n onnistuneesta soveltamisesta on useita näyttöjä mm. TKK:n Koneensuunnittelun laboratoriossa (professori Kalevi Ekman).

Keskustelimme usein koneensuunnitteluopin kollegani Matti Kleimolan kanssa,

että olisi opettavaista nousta yhdessä kateederiin pohtimaan valitun tehtävän konstruointia ja samanaikaista valmistettavuutta. Hyvä asia jäi valitettavasti aikomukseksi. Oli helppo vetäytyä muodollisten opetusvelvollisuus- ja vastaavien sääntöjen taakse.

Kaikki organisaatioryhmittymien väliseen työskentelyyn perustuvat tuotteen kehitys- ja konstruointitekniikat ovat tavoitteiltaan ja menetelmiltään niin samankaltaisia, ettei eroa ole edes teoriassa mielekästä yrittää etsiä. Arvoanalyysi ja suunnittelukatselmus esimerkiksi sisältävät nekin useita samoja elementtejä. Kaikki mainitut tekniikat tai työskentelymallit ja muutkin tuotesuunnittelijan työvälineet voidaan sisällyttää simultaanisuunnittelu -nimityksen piiriin. Simultaanisuunnittelu voisi siis hyvin olla eri ammattiryhmien ja osaajien ryhmätyönä tapahtuvan tuotekehityksen ja konstruoinnin menetelmien yhteisnimi.

Tuotesuunnittelun ja valmistuksen yhteistoimintaan vaikuttavia tuotekehityksen visioita ovat:

- Monet tuotteet ovat kehityksensä myötä monimutkaistuneet jo liikaakin ja tulleet vaikeasti hallittaviksi. Tuotteiden ennustetaan yksinkertaistuvan, jolloin niiden konstruointi helpottuisi.
- Tuotekehitys lisääntynee simultaanisuunnitteluna pienissä monitaitoisissa tiimeissä. Niissä työskentelevät esimerkiksi mekaniikkasuunnittelu, elektroniikkasuunnittelu ja ohjelmistosuunnittelu samanaikaisesti yhdessä.
- JOT-tuotantoperiaatteen vaikutukset konstruointiin lisääntyvät.
- Piirremallinnus tulee vaikuttamaan yhteistoimintaan, kun suunnittelija saa valmistusteknistä tukea suoraan konstruktio-ohjelmistoista.

1.10.5 Laatupiiri-innostus

Laatua valvottiin konepajoissa tarkastamalla valmistetut osat ja tuotteet. Japanilaisoppien mukainen laatuajattelu muutti käytäntöjä. Laatu ei ole muusta toiminnasta erotettu asia. Jokainen vastaa osaltaan laadusta, joka "valmistetaan tuotteeseen".

Rautessakin oli työnjohtajan ja muutaman tarkastajan muodostama tarkastamo.

Koneistetut osat esimerkiksi mitattiin sen toimesta ja vain kelpaavista maksettiin urakkakorvaus. Laadusta toki kannettiin huolta mm. silloisen Suomen Laatu-yhdistyksen piirissä. Se keskittyi paljolti gaussin jakauman pohjalta tapahtuvaan tarkasteluun, onhan tämä käyrä sen jäsenmerkissäkin.

Eräät Japanissa 1980-luvun alussa työkennelleet suomalaiset insinöörit huomasivat siellä käytettävän laadun kohentamiseen laatupiireiksi kutsuttuja työryhmiä ja raportoivat kotimaassa niistä innokkaasti. Laatupiiritoimintaa esiteltiin paljon lehdistössä ja niiden tiimoilta pidettiin esityksiä ja seminaareja. Vierastin laadun irrottamista muusta taustasta omaksi itseisarvokseen. Ajan myötä suurin kohukin vaimeni. Laatupiiri-innostusta voi kuitenkin pitää myöhempien JOT-henkisten japanilaisoppien ensiairuena. Niiden mukana laatuajattelu tuli uudella tavoin vakavasti otettavaksi osaksi kokonaisuutta ja todettiin, että laatu on valmistettava tuotteeseen eikä tarkastettava jälkikäteen.

Laatu on ollut lahtelaisen Stalan perustajan, teollisuusneuvos ja "laatukunnia-tohtori" Reino Rajamäen sydämen asia. Hänen aloitteestaan TKK:n Lahden keskus alkoi järjestää tasokkaita laatuopintoja. Laatuasiat ovat Suomessa poikineet ympärilleen monenlaista toimintaa. Nykyisessä Laatuokeskuksessa on kolme toiminnallista yksikköä: Suomen Laatu-yhdistys ry, koulutusta tarjoava Excellence Finland Training Oy sekä konsultointia ja valmennusta tarjoava Excellence Finland Consulting Oy. Sen yhteiskunnallisista ohjelmista tärkeintä, Suomen lautupalkinto -kilpailua, rahoittaa Kauppa- ja teollisuusministeriö.

TKK:n laatuopetus oli mielestäni hyvin järjestetty. Laatuasioiden teoreettisen ja peruspaketin sai erikoistuneelta professorilta (Paul Lillrank, jonka oppituolin perustamishankkeessa olin mukana) ja laatuajattelun soveltaminen esimerkiksi konepajatekniikkaan tapahtui sen oppituolin henkilöstön toimesta muun opetuksen luontevana osana.

1.10.6 Yrityssuunnittelu, varastointi ja laskentatoimi

1.10.6.1 *Strategiat, budjetointi ja investointikäsikirjat*

Aiemmin lapsenkengissä ollut strateginen suunnittelu alkoi 1900-luvun lopulla saada jalansijaa myös konepajoissa ja vakiintui sittemmin toiminnan suunnittelun keskeiseksi työvälineeksi, kun peukalotuntumalla tehtyjen investointien budjetoituihin kustannuksiin ja suunnitellun toiminnan kuten käyttöasteiden ja takaisinmaksuaikojen, toteutumiseen sekä seurantaan, alettiin kiinnittää huomiota. Yrityksiä oli muutenkin johdettu paljolti johtajan näkemykseen perustuen.

Organisaatioryhmittäinen, niiden johtajien vastuulla oleva budjetointi ja aluksi pitkän tähtäyksen suunnitteluksi (PTS) kutsuttu yritysten strateginen suunnittelu yleistyi konepajoissa 1970-luvulla. Nyttemmin yrityksille itsestään selvän toiminnan nimeksi vakiintui yrityssuunnittelu. Konttori-toimintoja kutsutaan (talous)hallinnoksi.

Yhdessä Rauten nuoren ekonomin kanssa laatimamme investointikäsikirjan kokoaaminen ja vastuulleni tullut yrityksen PTS:n valmistelu ja kirjaaminen olivat opettavia kokemuksia. Molemmissa tehtävissä tukena oli kokenut konsultti.

1.10.6.2 *Bench marking - parhaat käytännöt*

Parhaiden käytäntöjen etsintä ja oppiminen löydettyjen verrokkien toimintatavoista sekä omaan toimintaan soveltaminen alkoi kiinnostaa konepajoja 1990-luvulla. Verrokkeja etsitään sekä saman toimialan että aivan muilla sektoreilla operoivien yhtiöiden toiminnasta. Esimerkki voisi olla Formula-ajojen muutaman sekunnin renkaanvaihto, jota verrokkina käyttäen on syytä kysyä miksi konepajan ruuviliitosten teko vaatii paljon pitemmän ajan.

Parhaita käytäntöjä löytää myös alan kirjallisuudesta, esimerkkinä Accenturen konsulttien laatima Huipulla-kirja /145/.

1.10.6.3 *Kustannusrakenteiden peittämistä läpinäkyvyyteen*

Yritysten kustannuslaskelmat olivat vielä 1960- ja 1970-luvuilla vain harvojen saatavilla. Tietämättömyys johti henkilöstön keskuudessa helposti väärin otaksumiin yrityksen kannattavuudesta ja varojen käytöstä. Konepajojen tavallinen kustannuslaskenta perustui työnumerokohtaiseen lisäyslaskentaan. Työnumeronkustannukset summautuivat vasta työn päätyttyä, joten tuotannon joihokkaan ei ollut selvillä kustannuksista ennen kuin jälkikäteen. Epätarkat kohdistukset myös helposti vääristivät tuloksia. Kustannustietoisuuden kasvamisen myötä kustannusrakenteiden läpinäkyvyyttä katsottiin tarkoituksenmukaiseksi lisätä. Tarkoitus on toisaalta ollut pyrkiä parempiin suorituksiin ja nopeisiin korjausliikkeisiin

Pörssiyhtiöistä on toki ollut saatavilla kulloistenkin lakien ja muiden sääntöjen määrittelemät tiedot. Perheyrytyksissä tiedotusvelvoitetta ei osakkaiden ulkopuolisille ole.

Kustannusrakenteista tiedottaminen alkoi tulla käytännöksi läpinäkyvyyden lisäntyessä. Palkkaustapojen muuntuminen suorasta urakoinnista erilaisiin palkkio-perusteisiin järjestelmiin edesauttaa tiedottamista, kun tulospalkkioiden laskentaperusteet on kerrottava. Edistykselliset päähankkijat alkoivat edellyttää sopimusneuvotteluissa kustannusrakenteen läpinäkyvyyttä, kuten työn ja materiaalien osuuksien erittelyä ja katteen kertomista. Molemminpuolisen luottamuksen vallitessa menettely toimii kummankin sopijapuolen eduksi. 2000-luvun raaka-aineiden hintojen vaihteluissa kustannusrakenteiden läpinäkyvyys on auttanut määrittämään materiaalin hinnasta johtuvat lisät. Tyypillisiä esimerkkejä ovat kuparin ja teräksen ja sen seosaineiden, kuten nikkelin, nopeat ja vaikeasti ennakoitavat hintojen muutokset

Alihankkijan kannalta raaka-aineiden vaihtelu voi olla katastrofaalista, jos tilausten hintaan ei saada neuvoteltua raaka-ainelisiä. Onnistuttaessa saamaan täysi tai edes osittainen korvaus kallis-tumisesta jää kuitenkin hinnan nousua

vastaava kate yleensä saamatta, mikä alentaa työn kokonaiskatetta.

1.10.6.4 Huoltokonttoreista henkilöstöosastoihin

Yritykset pyrkivät sodan jälkeisessä niukkuustilanteessa järjestämään henkilöstölleen mahdollisuuksien mukaan vaatimattomia, mutta tärkeitä, etuisuuksia, kuten polkupyöränkumeja. Niitä organisoivat ja jakoivat usein huoltokonttorit, joiden tehtäviin saattoi kuulua myös asuntoasioissa avustaminen ja pienimuotoinen pankkitoiminta, kuten pankkeja edullisemmin ehdoin annetut lainat ja talletukset sekä työntekijöiden maksuliikenteen hoitaminen.

Henkilöstöasioiden kasvava määrä synnytti suurempiin yrityksiin henkilöstöosastoja. Ne hoitivat työvoiman rekrytointia ja asuntoasioita, työpaikkaruokailun järjestämistä, työterveydenhoitoa ja muita hyvinkin monitahoisia henkilöstöosiaalisia asioita. Kustannusten karsinta puri sittemmin henkilöstötoimintoihin, joita on huippuajoista riisuttu ja ulkoistettu.

1.10.6.5 Varastointi ja varastokirjanpito, palkanlaskenta

Tavaran varastointi on melkoisesti kehittynyt aiemmasta käsityöstä uusien logististen ratkaisujen myötä. Nykyinen varastointitavoite on JOT:n hengessä supistaa varastot minimiin. Aiemmin saatettiin joskus jopa tehdä "tilinpäätösostoja" hankkimalla ennakolta tavaraa, jonka arveltiin tulevan käytetyksi.

Käytettyjen materiaalien kirjaus oikeille työnumeroille ja varastokirjanpito ovat varastoinnin keskeisiä toimintoja. Varastosaldojen ja todellisten varastojen vastavuus sekä hävikki kiinnostavat myös tilintarkastusta. Eräässään tapauksessa vaati selittämistä, kun kirjanpidon osoittama 40 mm paksuisen teräslevyn hävikki oli tilintarkastajan mielestä kohtuuton. Levystä oli leikattu pyörylöitä ja reunoja jäi tähteeiksi. Asia selvisi, kun käytiin katsomassa levyjä ja niiden todellinen paino konkretisoitui.

Varastokirjanpito on varastointitekniikan lailla huomattavasti helpottunut tietotekniikan myötä. Käsikortistot ja "snurran" ahkera pyörittely ovat menneitä maailmaa. Ne pyörivät aikanaan myös palkanlaskennassa. Urakkapalkkojen laskeminen tilipäiväksi ja palkkarahojen pussitus oli työllistävä ja vaativa tehtävä. Aikapalkkauksen yleistyminen ja automaattinen tietojenkäsittely auttavat tässäkin merkittävästi. Palkan maksaminen pankkiin lopetti tilipussien jaon.

1.11 Ekokonepaja

Taustoitusta on luvussa 2.10

Ympäristöasioita pidettiin aiemmin jokseenkin yhdentekevinä, eikä niihin katsottu tarpeelliseksi panostaa. Suoritetut vähäiset toimenpiteet olivat uhkia torjuvia. Suhtautuminen on muuttunut niiden selvään tiedostamiseen sekä huomioon ottamiseen yritysten strategioissa ja käytännön toimenpiteissä. Ympäristöasioiden noustua esiin on painotettu, että niihin liittyvien tekniikoiden koneista ja laitteista olisi saatavissa suomalaiselle metalliteollisuudelle uusia tuotealueita. Alkuinnostus on ollut suurta, mutta ajatuksen realisoituminen on edennyt toistaiseksi hitaahkosti.

Osin heikkojen signaalien pohjalta ja osin pula-ajan kasvattina sekä luonteeltani säästäväisenä kiinnostuin kierrätyksestä ja ympäristöasioista jo teollisen urani varhaisvaiheessa. Kiersin esimerkiksi töihin tullessani tai sieltä lähtiessäni jätelavojen kautta ja ihmettelin sitä kelpoisen tavaran määrää, joka lavoille oli surutta hävitettäväksi pantu. Asiasta puhuessani ilmeni, ettei väellä ollut aavistustakaan materiaalien arvosta. Firman tavaran ajateltiin olevan ilmaista. Perehdyttäminen hintoihin - tyyppiä tämä teräspala maksaa 10 mk - sai jo ihmeitä aikaan. Tästä versoi myöhempi kiinnostukseni ottaa ympäristöasiat eräksi tutkimuskohteekseni.

Ekokonepaja on ympäristövaatimukset huomioon ottava yritys, joka käyttää vähän materiaaleja, tarvikkeita sekä energiaa ja toimii mahdollisimman jätteettömästi, syntyvistä jätteistä huo-

lehtien ja ne tarkoin kierrättäen. Ekokonepajan menetelmä, materiaali- ja tarvikevalinnat suosivat ympäristöystävällisyyttä, mutta mikä tärkeää, eivät kuitenkaan yrityksen kannattavuuden ja kilpailukyvyn kustannuksella.

Nykyistä ajattelutapaa kuvaavat japanilaiset esimerkit: Messinkiosia sorvaava alihankkija saa katteensa lastuista eikä veloita lainkaan työstä. Toyota kierrättää erässä autotehtaassaan kaiken sisälle tulleen materiaalin ja toimii jätteettä.

Yritysten ympäristöstrategioiden olisi pyrittävä ennakolta varautumaan uusiin vaateisiin ja trendeihin eikä jättäytyä huolettomasti odottamaan tulevia pakko-tilanteita. Yksittäisiin kohteisiin kohdistuvat hajanaiset ympäristönsuojelutoimet eivät enää riitä. Puhtaista valmistusprosesseista on tulossa ilmeinen kilpailuetu. Elinkaariajattelu ennakoii tuotteen hävittämisen ja romutusvaiheen hyötykäytön, mitä ei aiemmin ole juurikaan välitetty pohtia.

On keskityttävä koko yrityksen kattavaan ajatteluun, jonka toimenpidelistaus voi olla: voiko nykyistä valmistusmenetelmää karsia, voiko nykyisen valmistusmenetelmän korvata ja voiko nykyistä menetelmää parantaa riittävästi.

Lastuamisnesteet ovat ympäristöteknisesti hankalia koneistuksen apuaineita. Pintakäsittelyt, joista tavanomaisin on maalaaminen, ovat ympäristömielessä ongelmallisia. Erilaiset kylvyt ja muut vastaavat esivalmistelu- ja pintakäsittelymenetelmät ovat ympäristövaikutuksiltaan usein maalausta vaikeampia, mistä johtuen niihin on jo yleensä kiinnitetty kohtuudella huomiota.

Maalausmenetelmien suhteen pätee seuraava listaus "marssijärjestyksestä":

- ruiskumaalauksen menetelmät kelvolliselle tasolle, mm. maalin esilämmitys ennen ruiskutusta tai staattinen ruiskutus
- siirtyminen liuottimia käyttävästä märkämaalauksesta pulverimaalaukseen
- siirtyminen liuotinmaalauksesta vesi- maalaukseen
- valmiiksi väripintaisen materiaalin käyttäminen, varsinkin levytoissa

- maalauksen korvaaminen muulla pintakäsittelyllä tai sen jättäminen kokonaan pois.

Konepajojen kierrätyskysymykset ovat toisaalta konstruktivisia valintoja ja toisaalta hukkamateriaalin taloudellista edelleen käyttämistä hävittämisen sijasta. Määrämittaisten aihoiden, kuten sahatujen kankien tai leikattujen levyjen, hankkimisella vältetään jätteeltä. Hukkamateriaalien ja jätteiden kierrätyksen lähtökohta on niiden lajittelu syntyvaiheessa. Sekajäte on arvotonta, eikä sen myöhempi lajittelukaan usein enää kannata.

Lastujen käsittely ja logistiikka vaativat osakseen huomiota. Oikein toimien lastut voi muuttaa kustannuksesta vastikkeelliseksi kauppatavaraksi. Pienten konepajojen kannatta harvoin hankkia omia lastujen käsittelylaitteistoja, kuten murskausta ja briketointia. Yhteistoiminta ja verkostot tarjoavat mahdollisuuksia.

Purkaminen on tuotteen elinkaaren viimeinen vaihe. Siinä erotellaan jyvät akanoista. Purkamiseenkin tarjotaan jo laitteistoja ja "purkutehtaat" näyttävät yleistyvän.

Ympäristöasiat eivät enää ole kustannus, vaan mahdollisuus säästää. Ne ovat painuneet talousvaikeuksien varjoon, mutta niiden merkitys korostuu talouden turbulenssin hellittäessä.

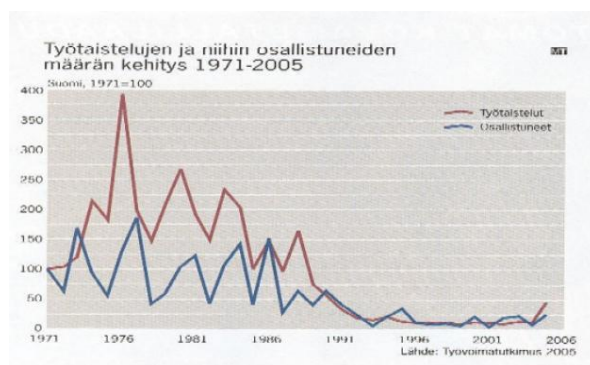
1.12 Työvoimakysymyksestä

1.12.1 Muuttunut työilmapiiri

Konepajojen työilmapiiri oli sotien jälkeen luokkakantaisen hengen värittämällä tavalla kireä ja konfliktiherkkä, jopa sotakorvaustuotantoa käytettiin edunsa voitteluun välikappaleena. Tämä kulttuuri vallitsi vielä 1960-luvulla. Muutosta alkoi kuitenkin tapahtua hiljalleen nuorempien ja edellisiä koulutetumpien sukupolvien myötä. Yhteiskunta on muutenkin tasa-päistynyt, kun samalla syvälekäyvien vallanvaihdosten todennäköisyys on vähentynyt kulminoituen itä-länsi -vastakkaisasetelman häviämiseen Neuvostoliiton purkautuessa.

Tuotantopääällikkökaudelleni osui runsaasti lakkoja. Ne olivat yleensä lyhyitä piste-lakkoja perusteena milloin mikäkin epäkohdaksi koettu asia, monesti urakointiin tai työoloihin liittyen. Ei voinut välttää ajatukselta, että osa lakoista oli kauko-ohjattuja. Neuvotteluihin tarvääntyi kohtuuttomasti aikaa, jolle olisi ollut parempaakin käyttöä.

Vuosi 1976 oli lakkoilun huippuvuosi. Lakkoja oli runsaasti aina 1980-luvun puolivälille, minkä jälkeen niiden määrä aleni nopeasti. Sukupolvien nuorennuttua työrauha parantui ja työilmapiiri muuttui asiallisemmaksi. Totuttujen kapeiden ammattisisältöjen rajoja laajennettiin, toisaalta tietokonetuetun automaation valla- tessa alaa ja toisaalta JOT-tuotantotavan edellyttämän monitaitoisuuden myötä.



Kuva 1.8 Työtaistelutilastoja /työvoimatutkimus 2005/

Kuvaava esimerkki on Rauten kokoonpano-osasto. "Viilaajat" suorittivat vain koneiden kokoonpanotyötä, eivätkä esimerkiksi halunneet hitsata. Pieniä hitsaustöitä varten tilattiin erikseen hitsaaja levyosastolta, mikä vei aikaa ja oli kaikin puolin epärationaalista. Yrityskaupan yhteydessä kokoonpano-osastolle sijoitettiin työntekijöitä fuusioidusta yrityksestä. He hitsasivat. Omien kokoonpanijoiden oli taivuttava ja hitsauskurssija alettiin kysellä.

Oma vääntönsä oli tuottavuusajattelun läpimurto, kun työmarkkinaosapuolten välillä saavutettiin sittemmin yhteisiin rationalisointisopimuksiin johtanut yksimielisyys siitä, että yritys voi rationalisoida turvata jatkuvuuttaan ja parantaa kilpailukykyään.

Metallityöväen Liiton tapaa toimia kuvataan mm. Eino Ketolan kirjassa /224/. Tarkastelujaksoon sattuu talven 1971 seitsenviikkoinen lakko, jota "oli mahdollon välttää". Aiemmin varattomaksi riitapesäksikin luonnehditun liiton linjan ryhdistäjiksi nimetään Sulo Penttilä (1967-83) ja Per-Erik Lundh (1983-2001), mikä näkyi mm. lakkojen vähentymisenä.

Kirjoittajalla on omakohtainen muisto puheenjohtaja Sulo Penttilän lähtösanoista Metallityöntekijäliiton kuukausilounaalla Palacessa. Häneltä kysyttiin mitä työntekijät odottavat työnantajalta. Penttilä sanoi vastaavansa mieluummin siihen mitä he eivät odota ja se on työnantajayrityksen ajautuminen konkurssiin, jolloin leipä menee kaikilta.

Hyvistä ammattiosaajista on aina ollut jonkin asteista puutetta. Ennusteiden mukaan työvoiman saatavuus oli 1900-luvun loppua kohden nopeasti vaikeutunut aktiivisen työntekijäjoukon siirtyessä työelämän ulkopuolelle. Olin jäsenenä joissain Ammattikasvatushallituksen työryhmissä, joiden huoli työvoiman riittävyydestä metallialalla tuotiin selvästi esille. Samaa painotti MET. Selviä numeroita ei ensin otettu vakavasti. Ajaututtaessa vakaviin työvoiman saatavuusongelmiin käynnistettiin joitain toimenpiteitä, jotka kuitenkin ovat olleet riittämättömiä. Alalle ja alan koulutukseen hakeutumista on myös vähentänyt metalliteollisuuden huono imago. Näin ajautettiin tilanteeseen, jossa työvoimaa on ollut pakko tuoda ulkomailta, kuten Puolasta, Tšekistä, Slovakiasta ja Virosta. Esimerkiksi helsinkiläinen Metso Automation on antanut työvoiman hankinnan siihen erikoistuneelle vuokratyöntekijäyhtiölle, koska omia voimia ei haluta tähän työlääseen toimeen sitoa /151/.

Selvä signaali työilmapiirin muutoksesta on Helsingin Sanomien vuonna 2008 referoima uutinen, jonka mukaan "liitossa ei tällä hetkellä jyllää luokkataisteluhenki". Kaksi kolmasosaa Metalliliiton jäsenistä suhtautuu epäluuloisesti globalisaatioon. Ammatillista koulutusta halutaan ja myös saadaan. /155/

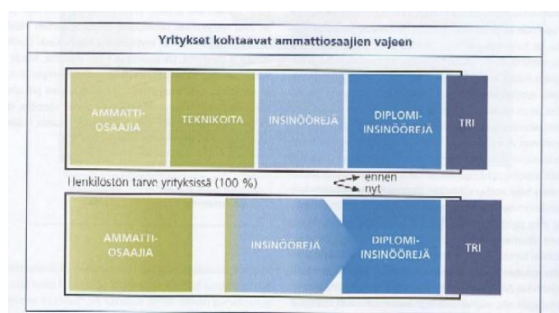
Pätkätyöt ovat nousseet kuumaksi keskusteluaiheeksi. VATT:n tutkimusjohtaja

tosin kyseenalaistaa pätkätöiden väitety-laajuuden yleistymisen /105/.

1.12.2 Teknikkokoulutuksen alasajaminen

Teknikot ja heihin monessa suhteessa rinnastettavat, ammattiosaamisen pohjalle rakentuvan kevyemmän, osin kirjekurs-sipohjaisen koulutuksen käyneet työtek-nikot osoittautuivat erinomaisiksi työnjoh-tajiksi ja työn teknisten tukitoimintojen, kuten työnjärjestelyn, urakoinnin ja menetelmäsuunnittelun toimihenkilöiksi.

Ammattikasvatushallitus/opetushallitus pi-tivät tätä koulutusta tarpeettomana väli-portaana ja asettivat tavoitteeksi teknik-kojen koulutamisen lopettamisen ja "korvaamisen" insinööritutkinnolla. Tähän tähtääviä hankkeita vastustettiin ponnek-kaasti, mm. kirjoittajan toimesta. Asia-perustelut nonsaleerattiin ja teknikkojen koulutus lopetettiin, mikä pian osoittautui pahaksi virheeksi. Lopetettua koulutusta ei kuitenkaan enää ollut mahdollista käynnistää uudelleen, vaikka siitäkin on keskusteltu rakennusmestareiden osalta. Tosin hankkeilla on joitain "työnjohtaja"-koulutusta koskevia pilottikokeiluja.



Kuva 1.9 Alemmassa palkissa oleva valkea aukko johtuu teknikkokoulutuksen lopettamisesta /Teknologiaellisuus/

1.13 Tiedonhakua ja koulutusta

1.13.1 Kirjastot ja muut tiedon lähteet

Tiedon etsintään kuluu tutkimusten mukaan yllättävän paljon aikaa, vaikka "googletus" auttaakin asiassa. Kirjat ja ammattilehdet olivat ennen tietokoneaikaan tärkeä tiedon lähde. Monissa konepajoissa oli omat kirjastot. Sain ensimmäisen harjoittelukesäni aikana tehtäväksi laatia

Huoltokonttorin yhteydessä olleelle Rauten kirjastolle ajantasaistetun luokituksen ja luokitaa kirjat siihen. Kirjamäärän käsittely vaati viikon verran työtä. Sittemmin aika ajoi tehdaskirjastojen ohi ja monet niistä lopetettiin, kun kirjat kelpasivat enää teknisiin museoihin. Tietoja etsitään edelleen kirjoista ja niihin verrattavista dokumenteista, kuten patenttihakemuksista. Tarvittavat tiedot hankitaan enenevästi tietohauilla keskus-kirjastoista ja nykyään paljolti inter-netistä. Jotkut suuret yritykset ovat palkanneet informaatikkoja. Tietojen haun kulttuurinmuutos on ollut valtava.

1.13.2 Kursseja ja jatkokoulutusta

1.13.2.1 Täydennyskoulutus

Täydennyskoulutus vilkastui 1970-luvulta alkaen. Konepajateknisten teemojen merkittäviä kouluttajia olivat tuolloin alan yhdistysten ja MET:n ohella mm. Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus INSKO ja Ammattienedistämislaitos AEL.

1970-luvun eräs hanke oli "Konepajojen kehitysseminaarit", jonka luomiseen Suomen Konepajainsinööriyhdistys, var-sinkin sen aktiivit Arno Saraste ja Johannes Brotherus, antoivat vahvan panoksen. Seminaareissa käsiteltiin alus-tusten pohjalta ryhmätöinä tuottavuuden osa-alueita. Kustakin yrityksestä oli mukana kolme henkilöä, insinöörien, työnjohdon ja työntekijöiden edustaja, tarkoituksena yhteisen kielen ja ymmär-ryksen siirtyminen eri organisaatiotasolle. Seminaareja lienee pidetty parikymmentä. Sen jälkeen teemasta laadittiin Mec-Rastorilla Metalliteollisuusyhdistykselle koulutuspaketti, jolla toiminta siirtyi yritysten itsensä hoidettavaksi. Tämän kehityshankkeen tulokset olivat vaikeasti mitattavissa. /106/

Professori Jaakkima Kilpi veti minut muoto- ja sijaintitoleransseja kohtaan tuntemani kiinnostuksen johdosta mukaan INSKO:n toimintaan. Sittemmin olin sekä monien kurssien suunnittelutoimikuntien että Konepajatekniikan valtakunnallisen asiantuntijatoimikunnan (VAT) jäsen, mistä hyötynä olivat paitsi maksuttomat kurssit myös hyvä näköalapaikka kulloi-seenkin kehitykseen. Vastaavassa tehtä-

vässä olin myös AEL:ssä, jonka säätiön hallintoneuvostossa edustin TKK:ta.

1900-luvun lopun lukuisat kurssit keräsivät pitkään täysiä saleja. Koulutusmaailmakin muuttui ja muodissa olleet hajanaiset kurssit alkoivat hiipua. Yrityskohtaisesti räätälöidyn koulutuksen osuus koulutuksesta lisääntyi. Kapeaan aiheeseen kohdistuvia tapahtumia oli yhä vaikeampi myydä täyteen. Yksittäisten hajakurssien kysyntä väheni vähene mistään. Kursseja ja seminaareja oli vaikea saada täyteen tai edes kannattavuusrajan yli ja niiden peruutukset yleistyivät. Tilaisuuksia toki järjestetään edelleen, mutta aiempaa huomattavasti vähemmän ja tarkemmin kohdistettuina. Yritysten koulutus kohdistuu ensisijaisesti yritysten organisoimiin laajempiin kokonaisuuksiin. Koulutuskulttuuri on tässäkin asiassa muuttunut, mitä usein selitellään "lisääntyneellä kiireellä". Mahti-ajoistaan pahasti kuihtunut INSKO:kin fuusioitiin AEL:ään, joka edelleen ylläpitää sen brandia. Konepajatekniset kurssit ovat sekä AEL:ssä että muilla vastaavilla kouluttajilla vähentyneet kysynnän suuntautuessa detaljitiedon asemasta yleisempiä valmiuksia tarjoavaan koulutukseen. Tuoreet tiedot raportoivat seminaarien järjestäjien kärsivän tappioita niiden järjestämien tilaisuuksien hyytyessä alkaneen taantuman takia.

Koulutuksella valmennetaan huippusuorittajaksi. Teknologia muuttaa koulutuskäytäntöjä. Siirtymä luokkahuonekoulutuksesta verkko-oppimiseen on ollut merkittävä ja trendi jatkuu. Simulaatiot mahdollistavat harjoittelun.

1.13.2.2 *Suomalainen FMS-koulutushanke*

Joustavat automaattiset valmistusjärjestelmät, FMS:ät, yleistyivät 1980-luvulla konepajoissamme. Tuolloin huomattiin puuttuvan koulutuspaikka tulevien FMS-käyttäjien järjestelmiin perehdyttämiseen. Ammattienedistämislaitoksella oli halukkuutta hankkia käyttöönsä täyden mittakaavan laitteisto ja järjestää koulutus. Kytkeydyin hankkeeseen monilla tavoin. Olin AEL:n säätiön hallintoneuvoston jäsen, järjestelmä suunniteltiin TKK:n diplomityönä, osa rahoituksesta kanavoitiin TKK:n budjetin kautta ja sitä

käytettiin konepajateknisissä harjoituksissa. Järjestelmällä oli tarkoitus valmistaa koulutuksen osana alihankintatöitä käyttövarojen hankkimiseksi, mikä tosin jäi vähäiseksi.

Järjestelmän korkea investointihinta edellytti järjestelyjä. Rahoitus saatiin onnistumaan, tosin se esimerkiksi vaati asian esittelyn valtiosihteeri Teemu Hiltuselle toimitusjohtaja Matti Taanilan ja kirjoittajan toimesta. Mm. merkittävä järjestelmien valmistaja Valmet (sittemmin Fastems) suositteli AEL:lle järjestelmän hankkimista työntekijöiden koulutukseen. AEL sai laitteistosta kolme tarjousta, Valmetin ohella EKE:ltä ja Koneelta. Valmet valittiin toimittajaksi. Maan silloin ainoan koulutusjärjestelmän käyttöaste oli aluksi korkea. Vastaavia koulutusjärjestelmiä rakennettiin sittemmin muualle. Fastemskin otti uusien tilaratkaisujensa myötä käyttökoulutuksen omiin tiloihinsa.

Järjestelmien rutinoituessa niiden käyttäjien koulutustarve väheni tasaisesti samalla kun järjestelmä vanheni teknisesti. Sen ohjaus uusittiin kerran ja lopulta järjestelmä purettiin tarpeettomaksi käyneenä ja tilaa vievänä.

1.13.2.3 *"Konepajatekniikan kieli"*

Saksa oli pitkään konepajatekniikan kiistaton ykköskieli. Se joutui kuitenkin taipumaan englanninkielen valta-aseman kansainvälisen voittokulun edessä. Saksa-laisten nuorempi ikäpolvi puhuu jo moitteetonta englantia. Samoin nykyään myös virolaiset, joiden englanninkielen opintoja neuvostoaikana merkittävästi rajoitettiin.

Esimerkiksi Aachenin perinteisessä työstökonekollokviossa puhuttiin vain saksaa vielä 1980-luvulle saakka. Vähä vähältä alkoi pakon edessä tulla simultaanitulkkausta. Seminaarikirjastakin alettiin julkaista englanninkielistä rinnakkaispainosta, joka tosin usein saatiin vasta myöhemmin käyttöön.

Kirjoittaja luki koulussa pitkän saksan kielen ja panosti muutenkin saksanopintoihin. Saksantaidosta on ollut konepajatekniikassa paljon hyötyä. Eng-

lanninkielen harjaannuksen jääminen vähemmälle on toki ollut myöhemmin aikoina kiusallista, kun se vakiintui yliopistojen julkaisukieleksi. Perheestä on onneksi löytynyt osaamista englanniksi kirjoittamiseen ja myös saksankielisten tekstien tarkistamiseen.

1.14 Maanpuolustus ja konepajat

Konepajateollisuudella on poikkeusoloissa ja kriiseissä keskeinen merkitys sekä aktiivisen että passiivisen sotatarviketuotannon varmistajana. Suomalaisella konepajateollisuudella oli tarkastelukauden alkupuolella tuoreessa muistissa sodan ajan tuotanto sekä sotakorvaukset, jotka olivat monille työntekijöille tuttuja. Tältä pohjalta maanpuolustukselliset asenteet ja toimintatavat olivat olemassa ja niille oli helppo rakentaa.

Puolustusvoimien ja konepajojen yhteistyö organisoitiin sekä Metallipoolin että Puolustusvoimien sotatalousorganisaation kautta. Konepajoja koskevia varausjärjestelmiä ylläpidetään ja muunnellaan jatkuvasti, mikä edellyttää Puolustusvoimien ja teollisuuden yhteisiä sopimuksia. Konepajat ovat yleensä maanpuolustusmyönteisiä ja antaneet avainhenkilöstölleen kertausharjoituksia laajemman mahdollisuuden osallistua kriisivalmiuden ylläpitämiseen. Puolustusvoimien niukka rahatilanne ei valitettavasti ole sallinut suunnitelmien testaamisen kannalta tärkeiden koetilausten suorittamista teollisuuden toivomassa laajuudessa.

Myös Maanpuolustuksen Tieteellinen Neuvottelukunta, MATINE, organisoi konepaja-alan tutkimusta. Teknisesti vaativan ja alati kehittyvän sotatarviketekniikan valmiuksien ylläpitäminen on rauhan aikaan sijoittuneella tarkastelukaudellakin omalta osaltaan vaikuttanut maamme konepajatekniseen kehitykseen, mihin kirjoittajalla on kosketus sekä Metallipoolin että erään MATINE:n tilaaman selvityksen ja sotatalousalan reservin kertausharjoitusten kautta.

Huoltovarmuuskeskus on ottanut vastatakseen Puolustuslaitoksen aiemmin varastoimasta poikkeusolojen aikana tar-

vittavasta materiaalista, kuten eräistä teräksistä ja työstökoneista.

Insinöörien koulutus on syytä mieltää osana maamme huoltovarmuutta.

1.15 Kansainvälistä yhteistyötä ja esikuvia - puolin ja toisin

1.15.1 Englanti

Konepajateollisuuden alamäki on koetellut pahoin konepajateollisuuden syntyämaata Englantia. Joustavien valmistusjärjestelmien Molins-pioneerikokeilu toki oli brittiläinen. Sitten maan konepajat ovat entisestään näivettyneet. Englantiin on rantautunut ulkomaisia tehtaita, kuten työstökoneita valmistavan Mazakin Worchesterin tehdas. Suomalaisten yhteydet Englantiin ovat kuihtuneet.

1.15.2 Ruotsi

Ruotsin konepajoista haettiin vielä 1900-luvun lopulla teknisiä ratkaisuja ja esikuvia. 1970-luvulla kiinnostuksen kohteeksi noussut soluvalmistus (flödesgrupper) kiinnosti suomalaisia, samoin ruotsalaiset numeerisen ohjauksen käyttökokemukset paljolti Asean teknillisen johtajan Veikko Arposen välittämänä. Ruotsalainen työvälineosaaminen on Sandvikin ja Secon kautta alansa tienäyttäjää. Työstökonetehtaiden syvenevät vaikeudet ovat vähentäneet konehankintoja Ruotsista.

Ruotsin konepajatekninen etumatka on kurottu umpeen ja Suomi on noussut sen rinnalle kyeten jopa joissain asioissa ohittamaan Ruotsin. Joitain Ruotsin konepajoja on siirtynyt suomalaisomistukseen, joskin jotkut omistussuhteet näyttävät usein vaihtuvan. Ruotsista on totuttu ostamaan laadukkaita työstökoneita, mutta niiden tarjonta on merkittävästi kutistunut.

1.15.3 Neuvostoliitto - Venäjä

Hävityn sodan seurauksena Suomen maksettavaksi langetetut sotakorvaukset merkitsivät konepajateollisuuden tuotteiden mittavia toimituksia Neuvostoliittoon. Sotakorvausten päätyttyä Neuvostoliitto tilasi edelleen laadukkaiksi toteamiaan

suomalaistuotteita. Monet konepajat toimittivat merkittävän osan tuotannostaan Neuvostoliittoon.

Neuvostoliiton hajotessa toimitukset entisen Neuvostoliiton alueen valtioihin romahtivat. Vientiä sinne on elvytetty. Venäjän Federaation, Ukrainan ja Valko-Venäjän konepajojen alihankintamahdollisuuksia on tutkittu ja myös käytetty hyväksi. Mainittujen maiden potentiaalia ostajana ja alihankkijana pidetään hyvänä, joskin riskejä sisältävänä.

Neuvostoliiton kauppaa käyvät suomalaiset yritykset olivat oppineet sen toimintatavat ja mukautuneet viisivuotissopimusten tahdittamaan kaupankäyntiin. Neuvostoliiton kauppaan kuuluivat alhaisiksi painetut hinnat, joista toki oikein hoidettuna jäi katettakin. Hyvä puoli oli myös maksuerien etupainotus ja tuleminen tileille täsmälleen sopimusten mukaisesti.

Luukkanen toteaa /146/ tutkijoiden tyologisoin ”uuden Venäjän” muovautumisen kolmeen jaksoon: Venäjän ensimmäiseen tasavaltaan (1990-1993) ja toiseen tasavaltaan (1994-1999) sekä Putinin presidenttikauteen (2000-2008). Neuvostoliitto loppui yllättävästi, mihin ei osattu varautua. Eräille yrityksille jäi käsiin valmiita toimituksia. Tilaajaa ei enää ollut ja uusi vallanpitäjä kieltäytyi ottamasta vastaan entisen tilaamia laitteistoja. Rahan niukkuus rajoitti alkuvuosien kaupankäyntiä. Eräskin suomalainen konepaja halusi myydä tuotteitaan ja oli pakotettu hyväksymään maksuksi sinkkiämpäreitä ja pystymetsää Karjalasta, joka käytiin itse kaatamassa ja kuljetettiin Suomeen.

Venäjänkaupan romahtaminen toisti itseään. Tsaarien Venäjä oli suomalaisen metalliteollisuuden tuotteiden käytännöllisesti katsoen ainoa vientimaa. Metalliteollisuuden vienti Venäjälle nousi vuosina 1916-1917 jopa 80 %:iin kotimaisesta tuotannosta, mistä se syöksyi itsenäisyytemme alkuvuosien alle 5 %:iin. Sama toistui Neuvostoliiton lakahtessa. Historiasta olisi oppinut, jos se olisi paremmin muistettu.

1.15.4 Saksa

Suomalaiset arvostavat saksalaista konepajatekniikkaa ja hakevat sieltä esikuvia. Saksa myös on Suomen merkittävimpiä kauppakumppaneita. Maan talouden tärkein sektori on ollut ja on edelleen teollinen tuotanto. Metall- ja konepajateollisuus on Saksan talouden perinteinen toimiala. Erityiseen asemaan on noussut maan autoteollisuus, jonka merkitys taloudelle ja työllisyydelle on huomattava. Autoteollisuus dominoi uusien tuotantotekniikoiden kehityksessä. Tutkimusta tehdään paljon sen ehdoin. Tästä johtuen yliopistoilla ja tutkimuslaitoksilla on runsaasti autoteollisuuden toimeksiantoja. Tulevaisuuden tuotantotekniikoita kehitetään usein autoteollisuuden tuotantoa silmälläpitäen.

Saksan perusmetalliteollisuus on jo läpikäynyt syvällisen rakennemuutoksen. Metall- ja konepajateollisuuden säilyttämiseksi on käynnistetty kampanjoita, kuten Standort Deutschland (Saksa sijaintipaikkana). Saksalaista valmistusta on siirretty matalamman palkkatason maihin, kuten Puolaan, Romaniaan, Tsekin tasavaltaan ja Unkariin, joskin merkkejä takaisinvedoista esiintyy. Huoli konepajateollisuuden kilpailukyvästä on ilmeinen.

Uutta tekniikkaa peilataan alan näyttelyissä. Saksassa järjestetään runsaasti suomalaisten suosimia metallialan näyttelyitä. Saksan työstökoneiden valmistajien yhdistys Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken (VDW; www.vdw.de) huolehtii alan yhteisistä asioista. Yhdistys järjestää näyttelyitä ja tekee tilastoja. Saksan työstökonevienti Eurooppaan ja Pohjois-Amerikkaan on viime vuosina ollut joko vähentynyt tai stagnaatiossa. Aasian markkinat sen sijaan ovat kehittyneet suotuisasti. Saksan työvälineiden valmistajilla on vastaava yhdistys, Fachverband Präzisionswerkzeuge (DVP) im VDMA (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.). Saksassa ollaan huolissaan näkyvissä olevasta taantumasta.

DDR:n perintöön kuului useita maineikkaita työstökonetehtaita. Raskaiden ja vanhoillisten rakenteiden ohella niissä oli paljon osaamista, jonka varaan jatkoa oli rakennettavissa. Tie ei ole ollut helppo, mutta pakon edessä keinoja on löytynyt.

1.15.5 USA

USA on suomalaisia konepajoja monin tavoin kiinnostanut maa. Yksittäisiä insinöörejä on työskennellyt siellä amerikkalaisia oppeja hakien. USA:han on menty myös omistusten kautta, jolloin suomalaisia tuotannon organisointitapoja ja yrityskulttuuria on pyritty istuttamaan sinne. Kokemukset USA:laisesta omistuksesta ja sen mukanaan tuomasta toimintaympäristöstä ovat kirjavia.

1.15.6 Baltian maat

Viro on Baltian maista suomalaisille etäisyyden, historian ja kielten samankaltaisuuden takia läheisin. Maan itenäistyttyä sinne on suunnattu merkittäviä metalliteollisuuden alihankintoja. Virolaisia konepajoja on myös hankittu suomalaisomistukseen ja perustettu sinne suomalaisten yritysten tytäryhtiöitä myös työstökone- ja muun teknisen kaupan sektoreilla. Viron nopea taloudellinen kehitys nosti nopeasti sikäläistä kustannustasoa ja johti ammattitaitoisen työvoiman puutteeseen, joka kuitenkin on taantuman myötä hepottamassa. Virolaisia työntekijöitä työskentelee Suomessa. Esimerkiksi insinööri on ansainnut paremmin Suomessa hitsaajana kuin kotona Virossa insinöörinä.

Teknologiateollisuus ry:llä yhteydet vastaavaan virolaiseen liittoon (Eesti Masinatööstuse Liit). Tallinnan teknillisellä korkeakoululla ja Teknillisellä korkeakoululla on yhteistyösopimus, samoin Tallinnan ammattikorkeakoululla ja eräillä suomalaisilla ammattikorkeakouluilla. Monilla professoreilla on henkilökohtaisia yhteyksiä Viroon.

Suomalaisten mielenkiinto muita Baltian maita, Latviaa ja Liettuaa, kohtaan on kasvanut Viron mahdollisuuksien "tukeutuessa". Baltian maille, varsinkin Latvialle, tosin ennustetaan alkaneen taantuman takia taloudellisia vaikeuksia.

1.15.7 Kiina

Kiinaa pidetään potentiaalisena kauppakumppanina ja halvan valmistuksen maana. Suomalaisilla konepajoilla ja teknisellä kaupalla on runsastuvasti hankkeita ja yhteistyötä Kiinassa.

Kehittyvät maat haluavat ottaa tehtäväkseen myös tuotekehitystä. Kiina esimerkiksi panostaa siihen painoalueina IT-tekniikka, biotekniikka ja nanotekniikka. Kestänee kuitenkin pitkään ennenkuin valmiudet rakentuvat ja varsinkin ennen kuin niitä on saatavilla vaativassa koneenrakennuksessa.

1.15.8 Intia

Kiinasta edellä todettu koskee vaihe-siirrolla Intiaa.

1.15.9 Etelä-Amerikka

Tunnetuin esimerkki suomalaisista hankkeista Etelä-Amerikassa lienee Brasilian Traktoritehdas 1960-luvulta /201/.

1.15.10 Israel

Tampellalla oli julkisia keskustelujakin herättänyt asetehdas Israelissa.

1.16 Tässä ollaan ja jonnekin mennään

1.16.1 Nopeita ja syvällekäyviä muutoksia ennakoidaan

Accenturen konsulttien laatimassa Hui-pulla -kirjassa /145/ tunnistetaan huippusuorituja, jollaisiksi kaikki pyrkivät - eihän keskinkertaisuus ole kenenkään ainakaan tunnustettu tavoite. Kasvun väitetään olevan ainoa tie menestykseen. Yrityskaupoilla on kasvussa ja arvonnulojina suuri merkitys - osta tai tule ostetuksi. Yllättävän monet yrityskaupat ovat kuitenkin osoittautuneet tavalla tai toisella takaiskuiksi, kun optimistiset odotukset ovat pettäneet.

Kirja toteaa huppuyrityksiä yhdistävän kolme tekijää: markkinafokus ja -asemointi, erilaistava osaaminen ja kyky haluttujen muutosten toteuttamiseen. Menestyjän on onnistuttava kaikilla toimintansa osa-alueilla. Matkia ei voi, vaan jokaisen yrityksen on luotava oma kehityskonseptinsa oman tilanteensa ja toimialansa pohjalta. Yrityksen tukitoimintojen merkitys korostuu. Silti ihmiset ovat muutoksen toteuttajat. Voittajayritysten on kyettävä sitouttamaan henkilöstönsä huippusuorituksen vaatimuksiin.

Kone- ja laitevalmistajien nykytodelisuutena esimerkiksi pidetään, että itse tuote edustaa sen elinkaaren kokonaiskustannuksista vain noin kymmenettä osaa kertyvien kustannusten valtaosan tullessa huollosta, varaosista ja modernisoinneista. Koneenrakentajien painopiste on silti perinteisesti ollut tuotteen suunnittelussa, valmistuksessa ja myynnissä. Tämän totuuden oivaltajapioneereihin kuuluu Kone, jota muut ovat seurailleet.

Wärtsilää käytetään esimerkkinä sekä orgaanisesti että yritysostoin kasvaneesta yrityksestä. Samalla on vahvistettu jälkimarkkinaliiketoimintaa kehittämällä huoltokonsepteja ja ostamalla palvelutarjontaa täydentäviä yrityksiä. Kavualustaa oli rakennettu järjestelmällisesti aiemmilla Nohabin, SACM:n, Storkin ja Sulzerin ostoilla, joita ilman globaalia asemaa dieselkonetoimialalla tuskin olisi syntynyt. Konecranesin määrätietoiseen tuotantorakenteen saneeraukseen puolestaan kuului 19 tehtaan sulkeminen, minkä jälkeen komponentteja valmistetaan kolmessa identtisessä tehtaassa.

Kansleri Ilkka Niiniluoto listaa Helsingin Sanomissa /07.12.2008/ Suomeen kohdistuviksi kuudeksi muutostekijäksi globalisaation, teknologisen muutoksen, ilmastomuutoksen, ikärakenteen muutoksen, muuttoliikkeen ja elinkeinoelämän rakennemuutoksen. Metalli- ja konepajateollisuus on ollut osallisena kaikissa näissä. Nykyisessä tilanteessa on nähtävissä monenlaisia muutoksia, joiden todellisista vaikutuksista on tehtävissä johtopäätökset vasta myöhemmin. Seuraavaan on kirjattu eräitä näistä. Tulevaa en ryhdy enemmälti ennustamaan. Pohdiskeluni kohdekin on tarkastelukauden ajan kehitys eikä tulevan epävarma ennakointi.

Ennakoituja muutoksia:

- Toiminta sirpaloituu maailmanlaajuisesti, mikä on suuri haaste päähankkijakonepajoille ja samalla niiden alihankkijoille.
- Yritykset pyrkivät huippusuorittajiksi. Ketteryys ja muutoksenhallinta näytävät nousevan avainasemaan. Kasvu pidetään välttämättömänä. Ylläpito on usein kannattavampaa kuin valmistus.

Globaali toiminta alkaa usein hankinnan etujen etsimisestä.

- Perinteisistä konepajoista (päähankkijoista) muodostuu "kokoonpanotehtaita", jolloin valmistusvastuuta siirtyy seuraaville toimittajatasoille (alihankkijoille/partnereille). Tämä koskee myös tuotesuunnittelua.
- Päähankkijat panostavat markkinoiden valtaamiseen, brändin rakentamiseen ja asiakkaiden tarpeiden ymmärtämiseen eivätkä välitä siitä kuka hitsaa ja sorvaa pois lukien tuotteiden strategiset osat /Trio-projekti; Aaltonen, J./.
- Eräiden yritysjohtajien mukaan teknologiateollisuus on polkenut Suomessa paikoillaan. Se on kasvanut ulkomailla. On hakeuduttu markkinoiden lähelle - eikä niinkään tuotannon lähelle.
- Nopeus ja vikkelyys korostuvat.
- Toimivat mallit on valjastettava kansallisen pärjäämisen nimissä ja saatava leviämään laajaan käyttöön.
- Simulointitekniikoiden myötä prosessit ja suunnittelu ovat uusia painoaloja.
- Koko ikäluokka on saatava töihin, mikä on haastava tehtävä. Ammatillisen koulutuksen imago on kohentunut. "Amikset" eivät enää ole "kaatopaikka". Niiden oppilailla on "asennetta".

Suomen kone- ja metallituoteteollisuuden sanotaan olevan tienhaarassa. On kehittyttävä tai muutettava ulkomaille tai varmaan molempia. Mantraksi nousseina trendinä nähdään ulkoistaminen ja yhdeltä luukulta ostaminen (one-step-shopping). Aiemmin myytiin laitteita ja huoltoa, nyt fokuksesi nostetaan entistä selkeämmin prosessin toimivuus, josta odotetaan kassavirtaa.

Kauppalehden /05.02.2007/ eräässä haastattelussa on mukana vain 50 yritystä, joista 1/3 uskoo, ettei niillä viiden vuoden päästä ole omaa valmistusta. Osa valmistuksesta voi olla ulkoistettu myös Suomeen. Haastattelu kohtasi heti ilmestyttyään voimakasta kritiikkiä.

Suomen Konepajainsinööriyhdistyksen vuoden 2009 talvikokouksessa kilpailukyvyyn säilyttämisen turvaajina tuli esille mm, että:

- Kysyntä ei ole hävinnyt minnekään. Se vain siirtyy myöhemmäksi.

- Suomalaiset vientiveturikonepajat ovat fokusoituneet omille kapeille toimintasektoreilleen ja karsineet rönsyt pois. Wärtsilä esimerkiksi toimi taannoin noin viidelläkymmenellä alueella. Valituilla sektoreilla niiden erikoisosaminen on maailman huippua. Oma valmistus rajoittuu ydinrakenteisiin, usein kokoonpanoon. Muun toimittavat trimmatun verkoston alihankkijat.
- Vaikeissa suhdannetilanteissa on tärkeä säilyttää verkoston kriittisen merkittävät osat. Muuten ne katoavat joko lopettamisten tai muuhun ryhtymisen seurauksena.
- Aikaa seuraava ja onnistunut tuotekehitys on jatkuvuuden ehdoton edellytys, josta ei voi tinkiä.
- Arvioitaessa yritysten tuotekehityspanostuksia ei pidä kiinnittää huomiota ainoastaan rahasummiin, joita yritysten erilaiset kulurakenteet voivat vääristää. Tärkeä mittari on tuotekehitystyötä tekevien henkilöiden lukumäärä.
- Ympäristöasiat eivät enää ole kustannus, vaan mahdollisuus säästää. Ne ovat painuneet talousvaikeuksien varjoon, mutta niiden merkitys korostuu talouden turbulenssin hellittäessä.
- Suomalainen omistus näyttää olevan menestymisen tärkeä kivijalka.
- Työntekijäpuolen näyttää olevan vaikea suostua tuntien pankkiin tekemisen ja vapaiden tasapainotukseen riittävän pitkällä jaksolla.
- Protektionismin lisääntymisestä on selviä merkkejä. On vaarana, että se nostaa päätään.

Protektionismi on läpi metalliteollisuuden elinkaaren vaikuttanut ilmiö. Alan vientiä ja tuontia on säädelty monenlaisin suojatullein ja määräyksin, mistä suomalaisilla on kokemuksia jo autonomian ajalta.

Näyttäisi siltä, että taantumasta selviäminen edellyttää muuntumis- ja uusiutumiskykyä. Paikalleen jääminen ja odottaminen olisi turmiollista. Osa konepajoistamme todennäköisesti lopettaa toimintansa. Rohkeasti erikoistuvat ja varsinkin automaatioon investoivat konepajat lienevät selviytyjiä.

1.16.2 Muille maille

Suomalaisten konepajojen omistuksessa on tapahtunut kiihtyviä muutoksia. Toimialan omistukset keskittyvät kotimaassa. Omistajuus on kansainvälistynyt ja omistajiksi on tullut pääomasijoittajia. Monet suomalaiset yritysjohtajat kuitenkin korostavat suomalaisen omistuksen merkitystä yritysten onnistuvan toiminnan taustana.

Konepajat ja metallitehtaat olivat vielä 1960-luvulla juurtuneet lujasti paikoilleen. Toki niiden sijainteja siirrettiin pois ruuhka-alueilta, kuten Helsingistä Hyvinkäälle tai Järvenpäähän. Nykyään puhutaan jopa karavaanikapitalismista, jolloin tehtaita liikutellaan sen mukaan, missä kulloinkin ovat parhaat ansaintamahdollisuudet. Molempien ääripäiden välinen kulttuurin muutos on suuri, joskin nopealiikkeen karavaanikapitalismi vielä on harvinaista.

Tuotannon siirtäminen halvan kustannustason maihin on yleistynyt. Siihen kuitenkin sisältyy riskejä. Saksassa nousi muoti-ilmiöksi viedä konepajavalmistusta pois maasta. Kuitenkin kahden viime vuoden aikana yli 6 500 saksalaisen metalli- ja elektroniikkateollisuuden sekä kemian- ja muoviteollisuuden yrityksen ilmoitetaan lopettaneen tuotantonsa ulkomailla. Kuluneiden 15 vuoden aikana Itä-Eurooppaan ja Kiinaan siirtäneet yritykset palaavat pettyneinä ja vähin äänin takaisin eikä muualle enää hevin lähdetä. Kokemusten mukaan monet ulkomaisten yksiköt ovat usein saaneet aikaan enemmän vahinkoa kuin hyötyä. Innokkaimpiin palaajiin lukeutuu koneenrakennusala. Paluumuutto on vilkastuttanut investointeja Saksassa.

Kustannusten puristuksessa ulkomaille hakeutuneiden saksalaisten konepajojen suosikkimaita olivat Puola, Romania, Slovenia ja Bulgaria. Muoti-ilmiön odotukset ovat monen osalta jääneet toteutumatta ja tilalle on saatu nippu vaikeasti paikattavia hankaluuksia. Yleisiä virhearvioita ovat olleet tuotannon sekä käynnistyskustannusten että käyttökustannusten roima aliarvioiminen. Laadussa on ongelmia, aikataulut lipsuvat ja kuljetukset jumittuvat. Erityisesti pienet yritykset ovat yliarvioineet alhaisten

henkilöstökustannusten ja edullisempien verolakien hyödyt. /103/

Halpamaihin rientäneiden saksalais-yritysten paluumuutto nousi keskeiseksi keskustelujen aiheeksi mm. Aachenin kesän 2008 työstökonekollokviossa.

Neuvostoliiton perillisten, ensisijassa Venäjän Federaation, Valko-Venäjän ja Ukrainan kehittymisellä ja asemalla Suomen kauppakumppanina on ollut ja tulee olemaan merkittävä vaikutus suomalaiselle metalliteollisuudelle, varsinkin kun Venäjän talous on öljytulojen myötä kohentunut. Öljyn hinta tosin on ennusteista poiketen laskenut loppuvuonna 2008. Nopeasti muuttunut Kiina on viime vuosien suuri mielenkiinnon ja etabloitumishankkeiden kohde. Suomalaisen mielenkiinto kohdistuu edelleen Baltian maihin ja Puolaan, Tsekin tasavaltaan ja Romaniaan. Intiaa pidetään potentiaalisena kohdemaana. Itäinen Keski-Eurooppa nähdään mm. metallien jalostuksen merkittävänä, vaikkakin vähemmälle huomiolle jääneenä kohdealueena.

Suomalaisten yritysten paluumuutto Viirosta on myös alkanut. Finpro raportoi noin puolentoistasadan suomalaisen yrityksen harkitsevan paluuta vuoden 2008 alkupuolella. Tosin Viiroon menijöitäkin edelleen on. Etenkin Tallinnan seudulla työkustannukset ovat nousseet nopeasti. Toinen merkittävä kustannusnousu kohdistuu tavarakuljetuksiin Viirosta Suomeen, joten yksinkertaisten tuotteiden valmistuksen kustannusetu on poistumassa. Viiron nopeasti kasvaneelle taloudelle ennustetaan vaikeita aikoja.

Aiemmin suljettu ja sitten nopeasti avautunut Kiina on noussut suomalaisten yritysten sijoittumiskohteeksi ja mediasuosikiksi. Kiinan BKT-kasvuluvut jaksavat joka vuosi yllättää. Nokialla on merkittävä asema mm. Pekingissä. Kiinalaisen metalliteollisuuden tuotteita tuodaan enenevästi Suomen markkinoille. Ongelmatonta Kiinan kauppa ja sinne etabloituminen ei suinkaan ole. Odotukset ovat kuitenkin edelleen korkealla.

Tutkijoiden ja kansanedustajien seura TUTKAS:n maaliskuun 2008 Kehittyvä

Kiina seminaarissa Kiinan kehityksen sanottiin täysin riippuvan muun maailman talouden kehityksestä. Edelleen todettiin olevan olemassa monta Kiinaa eikä vain yksi kulttuurinen jatkumo, joten Kiinassa on valtavia sisäisiä ja alueellisia eroja. Kiinaan sijoittuvan suomalaisen pk-teollisuuden todettiin kohtaavan kovan globaalin kilpailun, josta ne yleensä eivät ole ennakolta riittävästi tiedonneet. Huomioon on otettava, että sähkökustannuksia tulee väistämättä, asiat ovat vaikeasti ennustettavissa, verkostot aivan erilaiset kuin Euroopassa, viranomaisilla on kaiken kattava päätösvalta ja että erimuotoinen korruptio on yleistä.

Kiinan kohdalla mainitut kotimaan käytännöistä poikkeavat toimintatavat ja korkeammat riskit kohdistuvat soveltuvin osin kaikkiin mainittuihin maihin. Niiden voittamiseksi tarvitaan osaamista ja hyvää onnea.

T&K:n siirtoa pois Suomesta esiintyy koneenrakennuksessa vielä vähän eikä juurikaan kehittyviin maihin. Suomeen ennustetaan jäävän ainakin tuotekehityksen ydinosa sekä joustava erikoistunut valmistus ja prototyyppien tekeminen.

1.16.3 Shokit kohdentavat

Tarve kohdentaa suomalainen tutkimus kansallisesti hyödyttävästi alettiin puhua osaamiskeskittymistä eli klustereista, jollainen esimerkiksi oli metalliklusteri. Klustereihin kuuluvia tutkimusprojekteja suosittiin rahoituksen osalta. Klusteriajattelusta jalostui sittemmin seuraava porras, shokit.

Hallitusta neuvovan Tiede ja teknologianeuvoston määrittelemiltä viiden toimialan "shokeilta" (strategisen huippuosaamisen keskittymät) odotetaan julkisten ja yksityisten resurssien tarkkaa kohdistamista. Yksi shokeista on vuoden 2008 aikana muodostuva metallituotteiden ja koneenrakennuksen osaamiskeskittymä "Metallituotteet", jota koordinoi Finmecc Oy (Finnish Metals and Engineering Competence Cluster). 75 %:a siitä omistavat yritykset ja 25 %:a instituutiot. Shokin toiminta synnyttää yritysten tutkimus- ja tuotekehityshankkeita. Osakkaita ovat mm. STX Europe (aik. Aker Yard), Kone, Metso, Rauta-

ruukki ja Outokumpu sekä keskeiset yliopistot ja VTT. Etla-tiedon toimitusjohtaja Pekka Ylä-Anttila tosin kritisoi shokkien taustalla olevan vanhaa klusteri-ajattelua. /158/ Finmeccin toimitusjohtaja ja Koneen varatoimitusjohtaja Heikki Leppänen kertoo haluavansa ”tuloksia ei perustutkimusta”, mihin käytännön konepajaväen on helppo yhtyä.

Sitran käynnistämisen, businessosaamiseen keskittyvän koneteollisuuden pk-yritysten kehittämisohjelman tavoite on kasvattaa yritysten kokoja siten, että ne kykenevät tarjoamaan lopputuotteiden valmistajille suurempia kokonaisuuksia.

1.16.4 Sopimusvalmistajia syntyy

Muotiin noussut ulkoistaminen sopii paremmin toisiin toimintoihin kuin toisiin. Tietotekniikka on ollut kärkikohteiden joukossa. Suomalaisten todetaan olevan innokkaita ulkoistajia, jopa niin, että yrityksillämme on keskimäärin enemmän ulkoistussopimuksia kuin muilla pohjoismaisilla yrityksillä ja pitkä kokemus ulkoistamisesta. Nykyisistä ulkoistajistamme 80 %:a on ollut asialla jo viisi vuotta. Yrityksemme ovat reagoineet muutostarpeisiin nopein päätöksin ja oivaltaneet globaalin markkinatalouden avaamat hyödyt.

Ulkoistamisen ja ”yhdeltä luukulta ostaminen” ovat synnyttäneet uudenlaista sopimusalihankintaa. Omia tuotteita valmistavat päähankkijakonepajat ovat vähentäneet ja näyttävät edelleen vähentävän omaa valmistusta, joka on siirtynyt ja siirtyy sekä suomalaisille että muissa maissa oleville partnereille. Yrityksen omistamisessa tiloissa tapahtuvan tuotannon siirtäminen omistajajärjestelyin toisen yrityksen tehtäväksi on yleistä, mistä esimerkkeinä ABB:n Vaasan tehtaan levytyöt, Metson useiden tehtaiden valmistuksen siirrot muille konepajoille ja Junttanin Kuopion osavalmistuksen sekä hitsauksen myyminen Komasa Oy:lle. Järjestelyillä pääyhtiö irrottautuu toiminoista, joita se ei enää halua itse tehdä ja joiden partnereille siirtämisellä saavutetaan joustavuutta yrityksen rajat ylittävään alihankintaan. Näiltä partnereilta edellytetään kykyä suurten kokonaisuuksien toimittamiseen eli järjestelmäalihakintaan sekä kone- ja laitesuun-

nitteluun ja vastuunkantoon - jopa päähankkijan vanavedessä ulkomaille etabloitumista.

Kartoitusten mukaan Suomeen on syntynyt joitakin, mutta vielä liian harvoja suurten päähankkijoiden ja pienten alihankkijakonepajojen välialueella toimivia, verkottuneita konepajoja. Sellaisten ennustettu tarve on kymmenestä muuttamaan kymmeneen. Taustalla on osaltaan suurten yritysten halu kohdistaa hankintansa yhä harvempiin paikkoihin karsimalla suoria alihankkijoita. Niiden olisi siirryttävä verkottuneiden, superalihankkijoiksi kutsuttujen yritysten toimittajiksi. Kykenevimmät konepajateollisuuden alihankkijat, siis nämä superalihankkijat, säilyttänevät asemansa sekä kotimaan että Euroopan markkinoilla.

Konepajateollisuuden pienten yritysten uhkakuvana on ”Nokian alihankkijoiden kohtalo”. Niillä oli aluksi enemmän töitä, kuin ehdittiin tehdä. Markkinat kuitenkin muuttuivat ja alihankkijoiden pudotuspeli hyödytti monet suomalaiset yrittäjät.

Suomeen muodostuneita alihankkijakonepajaketjuja on mm. Konepaja Häkkinen. Alun perin raisiolainen yritys on laajentanut toimintaansa yritystöihin useille paikkakunnille mm. ottamalla haltuunsa konepajojen tuotanto-osastoja. Toinen vastaava esimerkki on hollolalainen Makron, joka yhdessä Metalliset -konepajan kanssa muodosti vuonna 2008 Makmet -nimisen yhtiön. Tässä yhteydessä Makronin Pekka Leppänen on todennut, että sopimusvalmistajan liikkuvuuden on oltava yli 100 miljoonaa euroa ennen kuin se pystyy kantamaan esimerkiksi Kiina-riskin.

Esimerkkejä ”superalihankkijoista” voisivat olla useista alihankkijakonepajoista yhdistynyt Hilomec, Patrian ulkoistuksista syntynyt Komasa, Mesera, Metalliset Group sekä SKS Groupiin kuuluva SKS Toijala Works. Mielenkiintoinen uusi konsepti on myös muutamien suomalaisten veteraaniliikemiesten muodostama löyhä yhteeliittymä Primaca Partners, joka yhdisti lokakuussa 2007 joukon aiemmin hankkimiaan mekaniikan ja elektroniikan

sopimusvalmistajia 600 henkilöä työllistäväksi yhtiöksi.

SKS Groupin toimintamalli on tyypillinen 2000-luvun alun menettely, jota olen seurannut yrityksen hallitusten jäsenenä. Teknistä kauppa käyvässä yhtiössä nähtiin tarpeelliseksi muuttaa liiketoimintarakennetta ja SKS päätti laajentaa toimialaansa ryhtymällä konepajateollisuuden sopimusvalmistajaksi. Samalla pyritään lisäämään yhtiön markkinoimien komponenttien jatkojalostusta.

Hanke käynnistyi Toijala Works:n (nyt SKS Toijala Works) ostolla. Konepaja valmistaa valitulle asiakasryhmälle keskiraskaan ja raskaan konepajatuotteiston komponentteja valmiiksi koottuina. Komponenttien valmistajasta kehitettiin asiakastarpeiden pohjalta sopimusvalmistaja ja suunnittelua sekä laite-toimituksia tarjoava yritys, mihin impulssi tuli paljolti Sandvik Mining and Construction:in aloitteesta ja alihankkijoilleen asettamista vaatimuksista.

Vientiveturiteollisuutemme päähankkijoiden pyrkimykset laajempien ja laadukkaampien verkostokokonaisuuksien aikaansaamiseksi myös viestivät nykyisen toiminnan olevan pilkkoutunut liian pieniin verstaasiin, jotka eivät pysty kehittämään omaa toimintaansa kansainväliset mittapuut täyttävällä tavalla. Suuria konepajayksiköitä Suomeen todennäköisesti perustetaan enää harvoin. Pienet yritykset voivat vain liittoutua keskenään.

Sopimusvalmistuksen ja alihankinnan eri kulttuuristen osapuolten keskinäisessä kommunikaatiossa on esiintynyt ongelmia. Yhteistyössä on osapuolia, joilla kaikilla on omat itsekkaat tavoitteensa. Alihankinnan onnistuminen edellyttää yhteisesti sovitua johtamista, johon on kehitetty tuore "Common Agenda" -työkalu /109/.

1.16.5 Katoavat katteet

Hyvä tilauskanta ja yrityksen nopea kasvaminen näyttävät helposti johtavan tilanteeseen, jossa kasvu vie katteet. Korkeasuhdanteessa on oman kapasiteetin käydessä niukaksi pakko turvautua alihankkijoihin. Ahdingossa tehdyt sopimukset saattavat helposti olla niin kalliita, että oma kate ohentuu ratkaisevasti.

Lopputuloksena on pelkkä työn ilo. Parempaan tulokseen olisi ollut päästävässä ottamalla pienempi työ määrä ja tekemällä se katteellisemmin. Hyvä esimerkki tästä on Aker Yardsin Yrjö Julinin maaliskuussa 2008 tapahtunut erottaminen suomalaisten Akerin telakoiden otettua liikaa töitä, joita ei pystytty tuloksen romahtamatta hoitamaan.

1.16.6 Kohentuva työllisyys, mutta kalliita työmarkkina-sopimuksia

Solmitut työmarkkinasopimukset ovat olleet ja niiden ennustetaan edelleenkin olevan työnantajille kalliita. Suomalainen palkkataso nousee parina tulevana vuonna 5 %:a vuodessa, kun vastaava nousu muualla Euroopassa on 3 %:n tasolla. Menetämme näin kilpailukykyämme parisen prosenttia vuodessa.

Työttömyys nousi Suomessa 1990-luvun alun vaikeuksien perintönä korkeaksi ja pysyi sellaisena pitkään. Viime vuosina on koettu nopea työllisyyden kohentuminen, missä on pantava erityisesti merkille sen tapahtuneen samaan aikaan yritysten tuotannon muihin maihin ulkoistusten kanssa. Oma ongelmansa näyttää olevan, että työttömien ja työmahdollisuuksien osaamisprofiilit eroavat ratkaisevasti toisistaan.

Työntekijäpuolen näyttää edelleen olevan vaikea suostua tuntien työaikapankkiin tekemisen ja vapaiden tasapainotukseen riittävän pitkällä jaksolla.

1.16.7 Konepajojen "ahne sukupolvi"

Osku Pajamäen "Ahne sulkupolvi" -kirja /149/ on käynnistänyt mediassa laajalti polveilleen keskustelun. Pajamäki arvioi ns. suuria ikäluokkia parhaiden töiden kahmimisesta, tulpaksi jättäytymisestä, patkätuotannon käynnistämisestä ja korkeista eläkkeistä. Keskusteluihin on sittemmin liitetty myös sodan ajan sukupolvet. Lienee mietittävä, miten konepajamaailma tähän kytkeytyy. Vanhemman ikäpolven on usein vaikea ymmärtää Pajamäen ajattelutapaa.

1.17 Yliopistojen ja korkeakoulujen myllerrys

Suomen yliopistot ja korkeakoulut ovat radikaalien muutosten edessä, eikä prosessin vaikutuksia vielä tiedä kukaan. Yliopistoissa alkuun saatetun uudelleen organisoinnin ja muuttumisen valtion tilivirastoista taloudellisiksi yksiköiksi sanotaan olevan suurin mullistus sitten Turun Akatemian perustamisen. Tekniikan alalla näytetään pyrkivän kapeasta tekniikasta monitieteellisyyteen.

Kiistelyä näyttää syntyneen mm. elinkeinoelämän "ohjauksesta". Muutosten laatu ja laajuus jää nähtäväksi. Elinkeinoelämä on joka tapauksessa muuttunut ja muuttuu edelleen, mikä luonnollisesti heijastuu koulutustarpeisiin ja määriin. Yliopistojen ja korkeakoulujen roolin toivotaan muuttuvan alihankkijoista kumppaneiksi.

Yliopistojen "kolmannen sektorin" eli yhteiskunnallisen vaikuttamisen merkitystä on alettu korostaa, joskin joissain puheenvuoroissa pelätään sen jäävän muiden kiireiden alle. Yliopistojen ja korkeakoulujen uusia asentoja etsittäessä painotetaan niiden suurta alueellista merkitystä, mikä toki lienee kiistatonta. Professorin ammatti tarjoaa erinomaisen vaikutustaustan monien yhteisten asioiden tukemiselle ja edistämiseksi. Yhteiskunnallinen vaikuttaminen, kuten ammatillisissa yhdistyksissä sekä erilaisissa työryhmissä ja toimikunnissa ja vastaavissa toimiminen, on toki ollut monille professoreille luontaista, ei kuitenkaan kaikille. Ennen "kolmannen tehtävän" arvon tunnustamista yhteistä asiaa sai toki halutessaan edistää, mutta ansioksi sitä ei luettu.

1.18 Yhteenveto

Konepajojen kulttuurien tärkeimmiksi muutoksiksi nousevat:

1900-luvun lopulla:

*Yritysten oma tuotekehitys voimistuu,
rakenteita moduloidaan
Solu- ja tuoteverstaasvalmistuksen laaja
käyttöön tuleminen jatkumonaan juuri
oikeaan tarpeeseen -tuotantoperiaate,
vikkelät pienryhmät
Konepaja-automaatio
Työnkuvien ja työskentelyilmaston
muuttuminen*

2000-luvun alussa:

*Siirtyminen ihmisen suorittamasta ohjauk-
sesta tietokoneistettuun prosessien val-
vontaan
Valmistuksen syrjäytyminen päähankkija-
konepajojen kehitysvisiona ja -panos-
tuksista
Toimintojen ulkoistaminen ja kansain-
välistyminen, omistusjärjestelyt, valmis-
tavien yksiköiden siirtäminen markkinoi-
den perässä*

Julkaisu on nelikymmenvuotisen elämäntyön antaman kokemuksen pohdiskelu keskeisenä sisältönä suomalaisen kone- ja metalliteollisuuskulttuurin muuttuminen. Kirjaus koostuu kahdesta pääosasta ja muistumia sekä kolmannelta liitteitä sisältävästä osasta. Ensimmäisessä osassa tarkastellaan metalli- ja konepajateollisuuden kulttuurin muutoksia aikaikkunassa 1960-2008. Toinen osa valottaa käsiteltävien asioiden laajempia taustoja.

Kulttuurin muutos on monella tasolla tapahtuneiden osakulttuurien muutosten summa. Kokonaisuutena näkyviä osia ovat tekninen, erityisesti uudenlaiseksi vaikuttajaksi noussut tietotekninen kulttuuri, muuttuneet tuotannon organisointi- ja ohjaustavat omine kulttuureineen ja luokkakantaisen käyttäytymisen muuttunut kulttuuri sekä konepajojen miljöön siistiytyminen. Jokaisella edetyllä tiellä on omat alakulttuuriensa muutokset, kuten siirtyminen tuumamitoista metriseen järjestelmään.

Uuden asian omaksumiseen tarvitaan aikaa. Aikaa jonkin uuden asian tulosta

keskustelujen kohteeksi sen laajamittaiseen käyttöön voidaan nimittää sovellushitaudeksi. Havaintojeni mukaan tämä sovellushitauteus on usein ollut paljon ennakoitua pitempi, monissa asioissa kymmenestä viiteentoista vuoteen, esi-merkkeinä numeerinen ohjaus ja CIM.

Konepajamme toimintatavat olivat 1960-luvulla niiden osaamista pakosta kehittäneiden sotakorvaustoimitusten perillisiä, joiden ohi aika väistämättä ajoi. Syväälle-ikävät uudistukset olivat tarpeen. Niitä tuli – tosin monien mielestä viime hetkillä. Näiden sekä teknisten, mutta enemmän kuitenkin toiminnan organisointiin ja henkilökäyttämiseen painottuvien uudenlaisten toimintatapojen ansiosta käynnistyi joustaviin pienyksiköihin ja verkottumiseen sekä myöhemmin kansainvälistymiseen johtanut syväälle-ikävä kehityspolku. Uudet toimintatavat muodostavat selkeän kehitysketjun. Sen arvioidaan paitsi säilyttäneen metalliteollisuutemme kilpailukykyyn myös nostaneen vientiveturirytyksiämme valitsemansa tuote- ja toimintasektorin kansainväliseen kärkeen. Hajanaisuus on ollut konepajateollisuutemme toisaalta heikkous ja toisaalta sen voima.

Metalli- ja konepajateollisuus on osallistunut Suomeen kohdistuvien muutos-tekijöiden rakentamiseen. Näitä ovat globalisaatio, teknologinen muutos, ilmastomuutos, ikärakenteen muutos, muutoliike ja elinkeinoelämän rakennemuutos.

Perustavaa laatua oleva kulttuurimuutos on valmistuksen syrjäytyminen yrityksen kehitysvisiona ja -panostusten kärkiryhmästä. Ydinosaaminen ei enää ole tuotanto, vaan tuotekehitys ja markkinointi.

Väheksymättä muita konepajojen kulttuurin muutosajureita ja muistaen kaiken vaikuttavan kaikkeen nousee tarkastelu-kauden ylivoimaisesti merkittävimmäksi kulttuurin muutoksen kasvualustaksi tuotantoryhmissä toimiminen eli solut ja tuoteverstaat ja niiden luontevana jatkona organisoituminen juuri oikeaan tarpeeseen -ajattelun mukaisesti. Konepajojen kehitys on 1800-luvulta alkaen noudattanut samaa kaavaa. Pienet ovat kasvaneet suuriksi, niiden toimintaa on organisoitu ja

tehostettu tavanomaisin rationalisointitoimin suuruuden ekonomiaan uskoen. Kasvu johti hallitsemattomiksi paisuviin, monipolvisiin organisaatioihin.

1960-luvun uusia tuulia olivat arvoanalyysi ja tehdasstandardisointi ryhmäteknologia eräänä osanaan. Tekninen muutosajuri oli numeerisen ohjauksen laajeneva käyttöönotto teollisuudellemme tyypillisen piensarjatuotannon tehostajana. Konepajojen monipuoliseksi tietotekniikaksi sittemmin laajentunut numeerinen ohjaus tarjosi ensimmäisen kerran mahdollisuuden pienten valmistuserien eri portaille ulottuvaksi automatisoimiseksi.

Solu- ja verstaustuotannon airueena voi pitää aluksi irrallisena ilmiönä virinnyttä laatupiiri-innostusta. Laadusta tuli sittemmin toisista lähtökohdista osa uutta kokonaiskonseptia. Soluista sekä verstaista alkanut ja juuri oikeaan tarpeeseen tuottantotavan kautta kulkenut kehitysketju lean-ajattelun tapaisine kylkiäisineen, nousi käänteentekeväksi konepajakulttuurien muutokseksi. Tämän toimintatavan iskukyky perustuu pieniin, ketteriin pienorganisaatioihin ja niiden helppoon ohjattavuuteen.

Muutosta ajaneet voimat jakautuvat kahteen selkeään, toki käsi kädessä kulkeeseen, rinnakkaiseen linjaan: organisaatioiden toimintatapojen muutoksiin ja tekniseen kehitykseen. Muuta kehitystä voi karkeasti yleistäen pitää hienosäätönä ja lieveilmiönä.

On huomattava, ettei tekninen kehitys muodosta selvää murtokohtaa, vaan sitä tapahtuu jatkuvasti. Tekniikan kehitys kuitenkin on paljolti, joskaan ei kaikilta osiltaan, mahdollistanut organisaatioiden kehittymisen. Näiden rinnalla tärkeä muutosvaikuttaja on työnantaja-työntekijä-suhteissa tapahtuneen ajattelun uudistuminen työnkuvien monipuolistuessa ja työntekijöiden luokkakantaisuuden lievennyksessä.

Metalliteollisuuden markkinatilanne muuttui hetkessä itäisen Euroopan kommunististen valtioiden alasajon myötä. Suomelle tärkeän Neuvostoliiton kaupan

romahduksessa oli katastrofin aineksia. Markkinoiden uusjako kuitenkin onnistui.

Merkittävä kulttuurien muutos on siirtyminen ihmisen suorittamasta valvonnasta tietokoneistettuun prosessien valvontaan. Metalliteollisuuden uusiksi painoaloiksi ovat simulointitekniikoiden kehittämisen myötä nousseet prosessit ja suunnittelu.

Metalliteollisuuden työstökoneiden hankintakulttuuri on muuttunut valmistajamaiden uusjaon myötä. Tarkastelukauden alun suurista toimittajamaista vain Saksa on säilyttänyt asemansa maailmanlaajuisena toimittajana. Englanti, Ruotsi ja USA sitä vastoin ovat menettäneet asemiansa. Neuvostoliiton ja sen leirissä olleiden maiden työstökoneemarkkinat ovat täysin muuttuneet ja osin loppuneet. Japani on noussut Saksan rinnalle työstökoneiden valmistajamaiden kärkeen. Kiinan talouden muutokset ovat nostaneet sen maailman suurimmaksi työstökoneiden ostajaksi ja maa lisää tavoitteellisesti omaa työstökoneiden valmistustaan. Kiina näyttää tunkeutuvan voimalla markkinoille. Perinteisten Italian, Ranskan ja Sveitsin rinnalle kakkosketjuun ovat nousseet Taiwan ja Korea. Työstökoneiden ostamisen rinnalle rahoitusmahdollisuudeksi on noussut leasing.

Valmistussyvyyden radikaalia mataloitamista merkitsevän ulkoistamisen ensimmäisiä kohteita olivat palvelut, kuten vartiointi ja työmaaruokailu. Kun huomattiin jonkun muun yrityksen saattavan suorittaa oman yrityksen ydintoimintoihin kuuluvia töitä tehokkaasti, lyhytaikaisesta kapasiteettialihankinnasta siirryttiin pitkäaikaisiin partnerius- ja vastaaviin sopimuksiin. Nykyään yritysten verkostoissa ulkoistetaan lähes kaikkea, valmistuksen ohella palveluja ja jopa tuotekehitystä sekä konstruointia.

Ilmeinen kulttuurien 2000-luvun alkuvuosien murtokohta ovat nopeasti yleistyneet toimintojen ulkoistukset ja yritysten kansainvälistyminen samalla kun suomalaisen yritysten kaupallinen toimintakenttä on kansainvälistynyt. Aiemmin mustasukkaisesti itsellä suoritettavia töitä alettiin siirtää muiden tehtäväksi. Alihankintaan yleensä turvauduttiin vasta viime

hädässä, kun oma kapasiteetti ei kerta kaikkiaan riittänyt. Enää ei ajateltu "hyvän katteen" karkaavan yrityksestä, jos työt annetaan ulos. Kokonaisuuksien siirtäminen muiden tehtäväksi ja siten syntyneet alan yritykset ja yritysketjut on uusi konepajakulttuuri, kuten myös valmistavien yksiköiden nopea siirtäminen markkinoiden ja hyvän kannattavuuden perässä.

Nopean ulkoistamisen ja kansainvälistymisen siunauksellisuus ja riskiltään korkeiden kansainvälisten offensiivien tuloksellisuus jää nähtäväksi. Kotimaisen partneriuden ennuste lienee hyvä.

Konepajatekniikan merkitys ja arvostus on aaltoillut 1900-luvun alun huipusta välttämättömään pahaan. Nykyisessä aallonpohjassa on nähtävissä merkkejä paremmasta.

Kirjatut muistiinmerkinnät ja pohdinnat tuskin tuovat päivänvaloon merkittävästi uutta. Toivottavasti ne osaltaan auttavat kokonaisuuden hahmottamista, mistä saattaa olla hyötyä lyhyemmän ajallisen perspektiivin omaavalle, nyt alan kilpailuvyöstä ja kehityksestä vastaavalle nuoremmalle konepajasukupolvelle. Nykyiset "tiekartat" toivottavasti ovat turbulentiksi kääntyneessä maailmassa oikeasuuntaisia ja johtavan metalliteollisuutemme kelpvolliseen tulevaisuuteen.

1.19 Summary

The most significant changes within the machine shop culture are:

At the end of the 20th Century:
Companies' R&D strengthens, product modularization
Production in cells and in product factories are extensively utilized, continued by implementation of just-in-time production
Agile small work groups
Automation of machine shops
Transformations in work job descriptions and work environment

In the beginning of the 21st Century
The shift from man-controlled to computerized process monitoring
Shift of main suppliers' development focus from manufacturing
Outsourcing of operations and internationalization, ownership re-arrangements, moving of operating units along with markets.

This publication, whose main contents concern the transformation within the Finnish machine and metal industries, is the contemplation of a 40 year long experience and life work.

The Finnish machines shops operation modes largely derived from the war indemnities, which on one hand greatly developed the field, but on the other hand were out of date by the 1960s. Extensive reforms were needed. Due to these new operation modes, which had both technical and organizational features, a development path was created. This development path led to flexible small units and networking as well as internationalization.

A foundational culture change is that the core business of companies is no longer production, but instead R & D and marketing.

Without underrating other machine shop culture changes - and bearing in mind that everything impacts everything - the most significant change substrate is that of functioning in production groups, i.e. cells and product shops. These are followed by just-in-time organisation.

Since the 19th century the development of machine shops has followed the same patterns. Small companies have expanded and their operations have been organized and intensified by means of conventional rationalizing techniques; believing that the economies of scale still running well. This growth led to expanding, incontrollable, hierarchical organisations.

The novelties of the 1960s included value analysis and standardization. Technical changes included the increasing utilization of numerical control, exploited as an intensifier of small batch production, which is very typical type of production for the Finnish industry.

The most important machine shop culture transformational forces consists of product modularization supported by production in cells and in product factories continued by implementation of the just-in-time production and outsourcing of operations and internationalization. Needless to say, everything impacts everything and thus other parallel cultural changes must not be unnoticed. All changes have clear cross-effects.

The changes were clearly divided into two parallel lines: those of organizational operational modes and those of technical development. Along with these, a significant change is the transformation and renewal in employer-employee relations, as job descriptions diversified and labor unions lost their influence.

A remarkable change was the shift from man-performed supervision to computerized process control. Along with simulation techniques, the new focus in metal industry is on processes and planning.

Evident changes in the beginning of the 21st century are rapidly increased outsourcing and internationalization and relocation of factories in proximity to markets.

The status and appreciation of production engineering has fluctuated from its peak in the beginning of the 20th century to the inevitable present. In its current low, nevertheless, some signs of improvements can be seen.

Undoubtedly, these notes and contemplation bring out anything significantly new. Nevertheless, they hopefully aid in forming an entirety of the industry, which may be useful to the younger generation, who are currently in charge of the industry's development and competitiveness and who, furthermore, have a shorter time perspective on the field. Hopefully, the current road maps are correctly targeted in this turbulent world and will lead our metal industry to a bright future.

2 Toinen osa – Taustoja

Tähän osaan on koottu ensimmäisessä osassa käsiteltyjen asioiden taustatietoja sekä pitemmän aikajänteen kehityksen ymmärtämiseksi että ensimmäisen osan tiiviimmän kerronnan taustaksi ja tueksi.

2.1 Tekniikka kontra teknologia

Sittemmin konepajatekniikan oppituoleiksi muutettujen mekaanisen teknologian professuurien nimissä esiintyvät sekä teknologia että tekniikka, joiden välistä suhdetta on tarpeen tarkastella.

Käsitteitä tekniikka, teknilliset tieteet ja teknologia on pohdittu teknillisessä korkeamman asteen koulutuksessa jo 1800/1900-lukujen vaihteessa. Teknillisen korkeakoulun 100-vuotishistoriateoksen /233/ lähdepöytäkirjoihin kirjattu keskustelu näyttää johtaneen termien erottamiseen käsitteellisesti toisistaan siten, että erot oli otettava huomioon teknillisen opetuksen järjestelmää rakennettaessa.

Tekniikalla ymmärretään niitä monipuolisia tapoja, joita ihmiskunta soveltaa luonnon antimia hyväkseen käyttäen ratkaistessaan omiin materiaalisiin tai energian käyttöön liittyviin tarpeisiinsa kytkeytyviä ongelmia.

Teknilliset tieteet tarkoittavat toimia, jotka liittyivät systemaattisiin tutkimuksiin ja johtopäätelmiin ja joiden kautta löydetään uutta tekniikkaa.

Teknologialla tarkoitetaan kaiken tunnetun tekniikan ja tiedon systemaattista käyttöä jonkin kysymyksen käsittelyssä. Korkeinta teknillistä opetusta antavan oppilaitoksen oli määriteltävä suhteensa kaikkiin näihin ilmiöihin. Hyvin koulutetun insinöörin oli hallittava sopivassa suhteessa oman erikoisalansa tekniikkaa ja siihen liittyviä teknillisiä tieteitä kyetäkseen soveltamaan osaamaansa teknologiajärjestelmän luomiseksi tai ylläpitämiseksi.

Nykysuomen sanakirjan mukaan *tekniikka* on jonkun valmistamisessa, suorittamisessa tms. käytetyt teko-, suoritus-, menettelytavat, menetelmät; teko-, suoritustaito; jonkun tarkoituksiperän saavuttamiseksi tarvittavien tarkoituksenmukai-

simpien ja säästävempien keinojen tuntemus ja käyttötaito. *Teknologia* on oppi, joka käsittelee työtapoja, -koneita ja -välineitä, joita käytetään luonnosta saatujen aineiden jalostamisessa.

Teknillisten tieteitten akatemioiden muodostama FACTE määritteli tekniikan, teknologian ja insinööritaidon sattuvasti:

Teknologia on prosessien, materiaalien, koneiden ja laitteiden sekä menetelmien muodostama kokonaisuus, millä ihminen parantaa tehokkaasti ja rationaalisesti elinympäristöään ja elämänlaatuaan

Tekniikka on ihmisen välineellinen laajennus menetelmänä ja esineinä tarpeittensa tyydyttämiseen:

- menettelytapa jonkin asian suorittamiseen
- esineiden valmistus, ylläpito ja käyttö ihmisen toiminnan tehostamiseen

Insinööritaito (engineering) on osaamisen rationaalista hyödyntämistä sekä tieteiden soveltamista käytäntöön.

Kirjoittaja suosii yksinkertaisen ja suomalaisen tekniikka -sanon käyttöä, kun siitä on kysymys. Teknologiaa käytetään joko hienostelumielessä tai asiantuntemattomuudesta runsaasti väärin yhteyksissä johon se ei sovi tai joissa tekniikka olisi selvempi ja suomalaisempi ilmaisu.

2.2 Konepajateollisuus

Konepajoja edelsivät metalliesineiden teollisessa valmistuksessa metallin perusteollisuuteen luettavat ruukit ja manufaktuuri- ja asetehtaat. Konepajateollisuuden kiistaton pioneerimaa oli Englanti. Yhdysvallat seurasi sitä nopeasti, samoin eräät nykyisen Saksan alueen silloiset pienvaltiot ja jotkut muut eurooppalaiset maat, kuten Italia, Ranska ja Venäjä. Konepajateollisuuden kasvualusta oli Englannissa ensisijaisesti höyrykoneiden ja muiden teollisuuskoneiden, kuten tekstiiliteollisuuden koneiden sekä rautatiekaluston, kysyntä. Samoin oli Saksassa ja muualla Euroopassa. Yhdysvaltojen konepajateollisuus suuntautui alussa paljolti aseiden valmistukseen. Metalliteollisuuden työstökoneiden rakennuksellakin oli alan kehittymiselle oma merkityksensä, niin Englannissa kuin Yhdysvalloissa ja muissa Euroopan maissa, kuten Saksan alueen silloisissa valtioissa.

Konepajatekninen kehitys voidaan jakaa kuuteen kauteen /210/:

1. Työstökoneiden käyttöön ottaminen ja "the English System of Manufacture" (noin 1800-luvun alku)
2. Erikoistytöstökoneiden käyttäminen ja osien vaihtokelpoisuus; "the American System of Manufacture" (noin 1800-luvun puoliväli)
3. Tieteellinen työnjohtaminen "the Taylor System" (1900-luvun alku)
4. Tilastollinen laadunvarmistus (noin toisen maailmansodan aika)
5. Numeerinen ohjaus (1950-luvulta alkaen)
6. Älykkäät järjestelmät ja tietokone-tuettu tuotanto (1900-luvun loppukausi).

Kolmen ensimmäisen kauden aikana tuotantoa pidettiin lisääntyvän tehokkuuden ja ohjauksen kohteena. Pääoma muutettiin työksi ja mittakaavaetua korostettiin. Tilastollinen laadunvalvonta oli paljolti yhdysvaltalainen ilmiö. Kolme ensimmäistä kautta tulivat Suomeen myöhässä ja hiipien. Muualla opittu siirtyi

meille vaihtelevalla nopeudella ulkomailla kouluttautuneiden ja työskennelleiden tuomana. Laajempaan käyttöön nämä ajatukset tulivat vasta sotakorvausten paineessa. Tilastollisen laadunvarmistuksen kausi jäi suomalaisille vieraaksi. Kaksi viimeistä kautta puolestaan omaksuttiin Suomessa nopeasti, jopa ensimmäisten joukossa.

Sodankäynnin tarpeet ovat kautta aikojen olleet konepajatekniikan kiistaton veturi, mistä esimerkkejä ovat konepajoja edeltävä eurooppalainen aseteollisuus, eräiden työstökoneiden, kuten jyrskinkoneiden, käyttöön ottaminen, osien vaihtokelpoisuuden mahdollistavat toleranssit ja sovitteet, mittapalat ja laadunvarmistusjärjestelmät, teräaineiden kehittäminen ja työstökoneiden numeerinen ohjaus /219/. Puolustusvalmiuden ylläpitämiseksi perustetuilla suomalaisilla konepajoilla, kuten sekä valtion perustamilla että eräillä yksityisillä tykki-, kivääri- ja lentokonetehtailla sekä telakoilla, on ollut merkittävä rooli konepajateollisuudessamme.

Paradigma	Ammattitaito-tuotanto	Joukkotuotanto	Joustava tuotanto	Massaräätälöinti ja personointi
Alku	~ 1850-1880	1913	~ 1980	2000
Tarpeet	räätälöidyt tuotteet	halvat tuotteet	vaihtelevat tuotteet	räätälöidyt tuotteet
Markkinat	hyvin pienet tuotekohtaiset volyymit	kysyntä > tarjonta kysyntä vakaata	tarjonta > kysyntä pienemmät tuotekohtaiset volyymit	globalisaatio vaihteleva kysyntä
Liiketoimintamalli	imu myynti⇒suunnittelu⇒valmistus⇒kokoonpano	työntö suunnittelu⇒valmistus⇒kokoonpano ⇒ myynti	työntö - imu suunnittelu⇒valmistus⇒ myynti⇒kokoonpano	imu suunnittelu⇒myynti ⇒valmistus ⇒ kokoonpano
Tekniikka	sähkö	vaihtokelpoiset osat	tietokoneet	IT
Prosessin mahdollistaja	työstökoneet	kokoonpano- ja valmistuslinjat	FMS ja robotiikka	RMS, DiMs

Kuva 2.1 Tuotantoparadigmoja eri lähteiden mukaan (mm. Leita 2004; Jovane et al 2003)

2.2.1 Suomalainen metalli- ja konepajateollisuus

2.2.1.1 Käsityöläiset

Metallien käsin muovaus on vanha taito, jossa taitavat käsityöläiset yltivät, ja edelleen yltävät, ihmeteltäviin saavutuksiin. Metalleja valmistettiin ja muokattiin käsitöinä, toki käsityöläiset käyttivät apunaan alkeellisia työstökoneita. Käsityöläisten taidokkaimpiin saavutuksiin kuuluvat pietarilaisen Fabergén hankintaverkoston tuotteet. Monet sen kulta-, hopea- ja jalokiviseppien valmistamat tunnetut esineet ovat suomalaisten ammattilaisten valmistamia.

Ammattien harjoittamista säädeltiin Suomessa tiukasti. Se sallittiin ainoastaan ammattikuntiin järjestäytyneille mestareille ja pitkään vain kaupungeissa. Metallialan perinteisiä ammattikuntia ovat sepät, läkkisepät ja kulta- ja hopeasepät. Sepät olivat aikansa kunnioitettuja ammattilaisia, joiden taitoja ilman eläminen olisi ollut vaikeaa huolimatta siitä, että metalliesineiden käyttö oli Suomessa aina 1800-luvun lopulle saakka vähäistä. Tehtaille alettiin myöntää toimilupia eli privilegeja ja kaupungeille tehdasteollisuutta helpottavia vapaakaupunkioikeuksia. Elinkeinovapauslaki lopetti ammattikunnat vuonna 1868.

2.2.1.2 Ruukit ja manufaktuuripajat

Rautaruukkien ajan, metalliteollisuutemme esivaiheen, lasketaan alkaneen Mustion ruukin perustamisesta vuonna 1616. Ruukkien aika kanto Suomessa 1900-luvun alulle. Niiden yhteyteen perustettiin usein manufaktuureja. Manufaktuuritehdas on käsitteenä epämääräinen. Niitä oli jo 1600-luvulla, ensimmäisten joukossa Fiskarsiin vuonna 1658 perustettu manufaktuuripaja. Raudanvalmistus ja manufaktuuripaja liittyivät tavallisesti toisiinsa ja usein raudanvalmistuksen loputtua jäljelle jäi ainoastaan manufaktuuritehdas. Täten kutsuttiin sittemmin sekä puolivalmisteita että karkeita metallituotteita valmistavia yrityksiä, kuten tae-, levyteos- ja ajoneuvo-tehtaita.

Ruotsi kuului maailman johtaviin raudantuottajiin. Vuoritoiminta ja metalliteollisuutta

pidettiin kaupan ohella elinkeinoista tärkeimpänä, mistä johtuen kaivostoiminta maassamme oli vilkasta ja tuloksiin nähden yliresursoitua. Suomen siirryttyä vuonna 1809 Ruotsilta Venäjälle vuorimalmin saanti Ruotsista hankaloitui. Järvimalmin merkitys kasvoi ja uusia ruukkeja perustettiin varsinkin Itä-Suomeen. Halvan venäläisen raudan tarjonta hiljensi suomalaiset ruukit 1900-luvulle tultaessa.

Ruotsin ja autonomian kausien kaivoksista ja ruukeista kehittynyt kaivannaistoiminta ja metallien perusteellisuus on kokenut itsenäisyyden aikana omat suhdannevaihtelunsa ja suunnannut uudelleen toimintojaan, mistä esimerkkeinä Imatran - Ovakon terästehtaan lukuisat omistusjärjestelyt sekä Outokummun luopuminen kuparinjalostuksesta ruostumattomien terästen hyväksi ja kaivosalan konsultoinnin eriyttäminen Outoteciksi. Kaivostoimintaa ehdittiin jo pitää pois hiipuvana alana, kunnes metallien kysynnän maailmanlaajuinen voimakas kasvu on avannut sille 2000-luvulla uusia markkinoita.

2.2.1.3 Konepajaja syntyy autonomian aikana

Metallien perusteellisuutemme menettäessä kilpailukykyään Venäjän markkinoilla ja kotimaassa yritykset pyrkivät siirtymään uusille alueille, konepaja- ja metallituote- teollisuuteen. Konepajateollisuutemme alkoi muutamien lyhyiksi jääneiden kokeilujen jälkeen vuonna 1837 Fiskarsin ruukkimiljöössä. Metalliteollisuutemme, kuten muukin teollisuutemme, oli käsityöhön verrattuna vielä pitkään lapsenkengissään, joskin ala kasvoi muutaman merkittävän konepajan ansiosta. Rautateiden rakentaminen, siirtyminen puulaivoista rautalaivoihin ja höyrylaivaliikenteen alkaminen sekä puunjalostusteollisuus- ja muiden teollisuuskoneiden rakentaminen tarjosivat runsaasti työtä. Ostovoiman lisääntyessä maatalouskoneidenkin valmistus kasvoi. Venäjän valtio suosi ja tuki, samoin kuin Ruotsi oli tehnyt, voimakkaasti metalliteollisuutta, kun taas esimerkiksi puunjalostusteollisuutta ajoittain säännösteltiin. Metalliteollisuuden suosinta ilmeni helppona tehdasoikeuksien saamisena ja edullisina lainoina.

Konepajateollisuuden merkittävämpi nousu koettiin 1900-luvun alkupuolella sekä sotasuhdannevetoisena että kotimaisen kysynnän herätessä. Tällöin suomalaista konepajateollisuutta siivitti ensin Venäjän ja Japanin sodan ja sitten ensimmäisen maailmansodan suhdanne. Suomeen syntyi jo tuolloin merkittäviä alan keskuksia, joista Helsinki nousi ensimmäiselle sijalle. Perinteisen Fiskarsin lisäksi merkittäviksi konepajapaikkakunniksi kehittyivät Turku, Tampere, Viipuri, Pori ja Varkaus. Eräille ruukiseuduillekin syntyi konepajateollisuutta.

Suomalaisen konepajateollisuuden pioneerit olivat muualta tulleita alan osaajia. Teollisuudenalan kehittyessä Suomessa seurattiin vireästi teknistä kehitystä Englannissa ja Saksassa sekä Venäjällä. Suomalaisia, varsinkin tehtailijoiden poikia, koulutettiin ulkomailla, erityisesti Pietarin suurissa konepajoissa. Suomen ja Venäjän kulloisetkin taloudelliset suhteet vaikuttivat autonomian aikana ratkaisevasti maiden väliseen metalli- ja konepajatuotteiden kauppaan. Konepajateollisuus vei tuotteitaan Venäjälle, joka oli itsenäistymiseemme saakka käytännöllisesti katsoen Suomen ainoa vientimaa.

Konepajoillemme oli tunnusmerkillistä, että kaikki valmistsivat kaikkea lainkaan erikoistumatta. Omaperäistä tuotekehitystä ei juuri ollut, vaan tapana oli jäljitellä ja kopioida ulkomaisia esikuvia tai kotimaisten kilpailijoiden tuotteita. Konepajoja moitittiin tästä. Vuonna 1909 perustettiin Suomen Metalliteollisuuskonttori koordinoimaan konepajojen valmistusohjelmia. Senkään toiminta ei johtanut nopeisiin muutoksiin, vaan sekavalmistuslinja jatkui. Tuotteiden laatutaso jäi alhaiseksi ja ulkomaisia tuotteita pidettiin yleisesti kotimaisia parempina.

Liikekannallepano johti Venäjällä ensimmäisen maailmansodan vuonna 1914 alkaessa työvoimapulaan. Suomessa ei ollut asevelvollisuutta, mistä johtuen työvoimaa oli riittävästi saatavilla. Parin kuukauden sekavan vaiheen jälkeen siirryttiin ennen näkemättömään ja spekulatiiviseen korkeasuhdanteeseen, jonka aikana tilauksia tulvi Venäjän valtiolta. Vienti Suomesta Venäjälle kasvoi vuosina 1913-1915 melkein kaksinkertaiseksi.

Hinta jäi sotatoimituksissa sivuseikaksi, tarvittiin kapasiteettia. Korkeasuhdanteen huippu ajoittui vuosiin 1915-1916, jolloin monissa konepajoissa Venäjältä oli tullut ainoa asiakas. Kaikki muut työt oli pantu syrjään. Monien konepajojemme oli pakko laajentaa toimintaansa. Rakennukset ja koneet kuoletettiin nopeasti tuotteista saaduilla korkeilla hinnoilla. Vuodesta 1916 lähtien suomalais-venäläiset taloussuhteet alkoivat Venäjän talouden rappeutuessa heiketä. Työt Venäjälle päättyivät käytännöllisesti katsoen kokonaan vuoden 1917 aikana. Samalla saatavat loppuajan toimituksista kävivät epävarmoiksi. Maksuja jäi jopa saamatta, mikä johti jotkut yritykset vaikeuksiin.

Suomalainen metalliteollisuus siirtyi muihin teollisuudenaloihin verrattuna nopeasti sähkömoottorit hankittiin vuonna 1896. Vuonna 1920 noin kaksi kolmannesta metalliteollisuuden käyttövoimasta oli sähköistetty.

2.2.1.4 Itsenäisyyden alkukausi

Venäjän sotasuhdanne taittui Suomen itsenäistymisen alkoihin. Itsenäisyyden alku oli metalliteollisuuden osalta sopeutumisen aikaa, jolloin sen työntekijämäärä aleni huomattavasti. Talouselämä alkoi elpyä, kun länsivaltojen kanssa saatiin solmittua viennille välttämättömät kauppasopimukset. Konepajamme olivat mm. yhteenliittymillä muuttaneet rakenteitaan ajan vaatimuksia paremmin vastaaviksi ja metsäteollisuuden hyvä vientimarkkinatilanne tuki nousua. Metsäteollisuus alkoi modernisoida tuotantolaitoksiaan, mikä toi runsaasti työtä monille konepajoille. Nousu jatkui yleismaailmalliseen lamakauteen saakka. Lama alkoi hellittää metalliteollisuuden kestäkyvyn kannalta viime hetkellä vuonna 1932. Sotia edeltäneet 1930-luvun loppuvuodet olivat nopean nousun vuosia. Tähän ajanjaksoon sattui valtion omistamien puolustusvälineitä valmistavien konepajojen perustamiskausi, mikä osaltaan lisäsi alan merkitystä. Puolustusvoimien perushankintaohjelma antoi työtä myös yksityisille konepajoille. Tulevaan sotaan varauduttiin enemmän tai vähemmän tietoisesti.

2.2.1.5 Sodat ja sotakorvaukset

Vuonna 1939 alkaneeet kaksi peräkkäistä sotaa asettivat metalliteollisuutemme uusien tehtävien eteen, kun sen voimat oli jännitettävä äärimmilleen suursodan materiaalityrpeen tyydyttämiseksi. Metalliteollisuutemme tilanne näytti sodan päättyessä synkältä. Sotakorvaukset vaativat kuitenkin pian kaiken kapasiteetin ja erityisesti raskasta konepajateollisuutta oli laajennettava /207/.

Konepajateollisuuttamme pakon edessä monin tavoin kehittäneiden sotakorvausten päätyttyä kevyempi konepajateollisuus vapautui lukuisten sodan jälkeen perustettujen pienyritysten ohella tyydyttämään kotimarkkinoiden sota-ajalta periytynyttä tavarapulaa. Raskaampi metalliteollisuus joutui mukautumaan uuteen tilanteeseen, mistä se selviytyi hyvin. Sen tuotanto monipuolistui ja vientimarkkinat avautuivat. Metalliteollisuus alkoi nousta metsäteollisuuden rinnalle merkittäväksi teollisuuden alaksi.

Konepajateollisuutemme kohtaloa pohdittiin ankarasti 1950-luvun alkaessa. Jopa sen radikaalista supistamisesta keskusteltiin. Säilyttävä ja jatkava linja kuitenkin voitti. Sotakorvaukset toimitettiin vuoteen 1952 mennessä, jolloin konepajojemme tilanne "normalisoitui". Neuvostoliitto myös jatkoi tilauksiaan joiltain konepajoilta sotakorvausajan tuotteiden pohjalta, esimerkkinä Raute.

Sodan jälkeen oli puutetta kaikesta. Tuotantokapasiteettia omaavilla yrityksillä oli suotuisat toimintaedellytykset. Tilanne muuttui tarjonnan lisääntyessä. Konepajojen tutkimus- ja tuotekehitystoiminta alkoi yleistyä 1960-luvun alulta. Näin sai alkunsa omiin tuotteisiin perustuva tuotanto, joka myös oli kilpailukykyisesti markkinoitavissa. Metalliteollisuuden merkitys maamme taloudessa kasvoi entisestään, tosin sen kilpailukykyyn ylläpitäminen edellytti uusiutumista.

2.2.1.6 1950-luvulta 2000-luvulle

Vuoden 1957 suurdevalvaatio käynnisti metsäteollisuuden investoinnit, mikä veti kotimaisen konepajateollisuuden nousuun. Vuosina 1957-1963 Suomessa esimerkiksi käynnistettiin 19 uutta paperikonetta. Kun

tunnettujen länsimaisten konepajojen kapasiteetti oli varattu muualle, oli loistava tilaisuus rakentaa metalliteollisuuden ja metsäteollisuuden yhteistyötä. Yksitoista mainituista uusista paperikoneista oli kotimaista valmistetta. Kaikista tässä vaiheessa asennetuista prosessiteollisuuden koneista noin 70 %:a oli Suomessa valmistettuja. /232/

1900-luvun loppuaikaan sijoittuu nousu- ja laskusuhdanteita, jotka ovat joko hidastaneet, tasoittaneet tai vauhdittaneet metalliteollisuuden kehitystä. Pitempänä trendinä on kuitenkin ollut kasvu ja rakenteiden uudistuminen. Tasautumisen tai taantumien kausia koettiin 1960- ja 1970-lukujen lopulla ja vaikea taantuma koko talouselämän mukana 1990-luvun alkuvuosina. Takaisin kasvu-uralle ala nousi 1990-luvun puoliväliltä. 2000-luvun alkuvuodet, varsinkin vuodesta 2004 alkaen, ovat olleet suotuisan suhdanteen aikaa. Konepajoilla on ollut täysi kuormitus. Suhdannekkäänne näyttää tulleen USA:sta alkaneeen rahoituskriisin myötä, mikä vaikuttanee konepajojemme tilauskantoihin.

Vuonna 2006 Suomessa toimi hieman vajaat 9 000 kone- ja metallituoteteollisuuden yritystä, joista noin 90 %:a työllisti alle 20 henkilöä. Enemmän kuin 250 henkilöä työllistäviä yrityksiä on vain viitisenkymmentä. Vuoden 2007 tietojen mukaan metallien jalostuksesta, kone- ja metalliteollisuudesta, elektroniikka- ja sähköteollisuudesta sekä tietotekniikka-alasta koostuva teknologiateollisuus työllistää välittömästi 270 000 henkilöä. Arvion mukaan se myös työllistää muualla kansantaloudessa 1,5-kertaisen joukon. Teknologiateollisuuden osuus Suomen viennistä on noin 60 %:a.

Suomeen ennustetaan pitkällä aikavälillä jäävän ainakin tuotekehityksen ydinosa sekä joustava erikoistunut valmistus ja prototyyppien tekeminen. Kirjoittajan on tosin vaikea uskoa konepajateollisuutemme massiiviseen alasajamiseen

Kone- ja metalliteollisuuden yritysten liikevaihtoluvut Suomessa ovat Tilastokeskuksen mukaan:

vuosi	miljardia euroa
1995	12
2000	19
2005	22
2006	26
2007e	30

Kone- ja metalliteollisuuden alihankinnasta ei ole luotettavia tilastoja.

Koko teknologiateollisuus edustaa 60 %:a ja kone- sekä metallituoteteollisuus 23 %:a Suomen tavaraviennistä ja teknologiateollisuus 54 %:a sekä kone- sekä metallituoteteollisuus 29 %:a teollisuuden henkilöstöstä Suomessa /Tullihallitus ja Tilastokeskus/.



Kuva 2.2 Teknologiateollisuuden rakennekaavio

2.3 Konepajojen tuotannon järjestäminen

2.3.1 Funktionaaliset rakenteet

1960-luvun konepajan tavanomainen rakenne oli:

- integroitu oma valimo ja malliverstas (valimoja toki oli jo erotettu omiksi yksiköikseen)
- teräsrakenteiden valmistus (levytyöt ja hitsaamot)
- koneistamot
- kokoonpano
- lämpökäsittely
- maalaus ja/tai muu pintakäsittely
- tukitoiminnot
 - työvälineiden valmistus, hankinta,

- varastointi sekä jakelu ja huolto
- sähkötyöt
- hydraulikka- ja putkityöt
- raaka-aine- ja tarvikevarastot,
- keskeneräisen tuotannon välivarastot
- pakkaus ja lähetys

Konepajojen pajoista oli jo valtaosin luovuttu

2.3.2 Valmistussyvyys, alihankinta ja ulkoistaminen, sopimusvalmistus

Saksankielinen termi "die Fertigungstiefe" on karkeasti suomennettavissa valmistussyvyudeksi. Se kuvaa omassa tuotannossa valmistettujen tuotteen osien osuutta kokonaisuudesta. Varhemmin oli kunniasia tehdä kaikki mahdollinen omassa konepajassa. Aiemmin kehittymätön alihankintakulttuuri alkoi 1960-luvulla nostaa päätään ja kehittyi nopeasti 1980-luvulla. Muualla teettäminen oli aiemmin tullut kysymykseen vain teknisistä syistä, kun omassa tuotannossa ei ollut tarvittavia laitteita, esimerkiksi riittävän suurta sorvia, tai äärimmäisen toimitusaikapaineen vaatimissa pakkotilanteissa, mistä esimerkki: Rauten 1960-luvun mittavien toimitusten aikana oma kapasiteetti loppui. Myöhästymisvaaraa ennakoiden näytti ilmeiseltä, että koneistusta ja hitsausta oli pakko tilata alihankkijoilta. Yrityksen johdon kanta alihankintoihin oli torjuva ja niitä vältettiin myöhästymistenkin kustannuksella. Sanottiin suoraan, että alihankkimalla kate siirtyy muiden hyväksi.

Vierailin muutaman kerran DDR:ssä. Siellä Saksojen yhdistymisen alla vaikeuksiin ajautuneen konepajateollisuuden huonon menestyksen erääksi syyksi nimettiin liian suuri DDR-läinen valmistussyvyys. Kaikki haluttiin tehdä itse, ja oli pakkokin, koska länsimaat kieltäytyivät toimittamasta itävyöhykkeelle strategisina pitämiään tuotteita.

Suomessa alettiin vähitellen keskittyä ydintoimintoihin ja niihin kuulumaton valmistus annettiin muiden tehtäväksi. Aluksi puhuttiin ali- tai osahankinnasta, joiden tilalle tuli pian ulkoistaminen tai partnerius. Hajanaisten pientilausten sijasta hankintoja on pyritty keskittämään sekä

suuremmiksi kokonaisuuksiksi että harvemmille partnereille. Suurien kokonaisuuksien alihankintaa tekeviä yrityksistä on alettu kutsua sopimusvalmistajiksi.

2.4 Muiden maiden konepaja-teknisestä vuorovaikutuksesta suomalaisten kanssa

2.4.1 Englanti

Englanti on konepajateollisuuden pioneerima. Alan tietotaito siirtyi muualle englantilaisten osaajien mukana. Ruotsin konepajateollisuuden pioneeriajan näkyvä henkilö oli Samuel Owen. Suomessa tunnettuja konepajaosaajia olivat James Finlayson ja William Crichton. Kaikki olivat lähtöisin Skotlannista, jopa osin sukua keskenään.

2.4.2 Ruotsi

Ruotsin vallan aikana Suomessa oli vain metallien perusteollisuutta. Suomalaiset konepajat syntyivät vasta Venäjän hallintokaudella. Valtioyhteyden katkeamisesta huolimatta suomalaisilla oli suhteita Ruotsiin. Fiskarsin konepajan perustamisvaiheessa apteekkari Julin teki ”opintomatkan” Skotlantiin vierailien paluumatkalla Tukholmassa Samuel Owenin luona.

Suomalaisissa konepajoissa työskenteli useita ruotsalaisia alan ammattilaisia. Muutenkin Ruotsin konepajoista haettiin pitkään teknisiä ja organisatorisia ratkaisuja ja esikuvia. Varsinkin numeerinen ohjaus ja 1970-luvulla ajankohtainen suluvalmistus kiinnostivat suomalaisia. Sittenkin Ruotsin kiinnostavuus esikuvana on vähentynyt.

2.4.3 Venäjä

Siirtyminen feodalismista teollistumiseen eteni Venäjällä hitaasti, vaikka maassa alkoi esiintyä teollisuustuotteiden kysyntää. Maan yhteiskunnallinen kehitys nopeutti rautateiden rakentamista, josta tuli Venäjän teollistumisen liikkeelle paneva voima. Teollistumiskehityksen tärkeimpiä tuloksia oli suuren koneteollisuuden perustaminen.

Autonomian aikana Pietari oli maantieteellisen sijaintinsa ja maidemme välisten suhteiden takia suomalaiselle metalliteollisuudelle ja metallialan käsityölle, erityisesti konepaja- ja kultasepäälälle tärkeä suurkaupunki. Pietarissakin teollistuminen alkoi tekstiiliteollisuudesta, mutta sen painopiste siirtyi pian metalliteollisuuteen.

Venäjä kielsi yllättäen vuonna 1907 kruununtilaukset suomalaisilta konepajoilta, minkä seurauksena Pietariin perustettiin tytäryhtiöitä. Turkulainen Crichton perusti vuonna 1896 tullimaksujen korotuksia välttääkseen Pietarin Pienen Ochtan saarelle vuoteen 1913 saakka toimineen tytärkonepajan. Kuriositeettina voi mainita William Crichtonin olleen Krimin sodan aikana Pietarissa internoituna - joskaan ei vankina, vaan insinöörin tehtävissä. Myös turkulainen, Venäjän-Japanin -sodan aikana Venäjän kauppaa käynyt konepaja Vulcan hankki omia konepajoja Pietarissa. Näihin siirrettiin vähitellen koko sotatarviketuotanto. Tehdas menestyi mainiosti. Sillä oli parhaimmillaan 900 työntekijää, kun telakkatoimintaan keskittyneen Turun tehtaan työntekijämäärä oli vain 300. Vulcan myi Pietarit tehtaot ennen ensimmäistä maailmansotaa keskittyäkseen turkulaiseen emokonepajaansa.

Autonomian ajan Pietari lukeutui muutenkin suomalaisen tekniikan merkittävimpiin vuorovaikutuskeskuksiin. Suomalaisia työskenteli useimmissa suurissa metallialan tehtaissa ja konepajoissa. Skotti Charles Bairdin vuonna 1782 Pietariin perustaman konepajan ajoista alkaen. Suomalaiset kutsuivat tätä höyrykoneita rakentavaa konepajaa ”Pertan savotaksi”. Suomalaisen suosimia konepajoja olivat sen ohella Putilovin ja Nobelin sekä Lessnerin, San Gallin ja Parviaisen konepajat sekä Pietarin Metallitehdas. /203; 204; 231/ Arvioitiin yli kolmensadan Teknillisen korkeakoulun tai sen edeltäjien kasvateista työskennelleen Venäjällä.

2.4.4 Saksa

Englannin konepajateollisuuden jo päästyä hyvään vauhtiin oli Saksa vielä maatalousmaa, jonka pienvaltiorakenne hidasti kehitystä. Saksan liittovaltio muodostui vuonna 1871.

Laadukkaiksi tunnustettujen saksalaisten työstökoneiden valmistajapioneerit olivat berliniläiset ja chemnitziläiset (DDR:n ajan Karl Marx-Stadt) konepajat. Muita koneenrakennuksen tuotteita olivat tekstiili- ja vuoriteollisuuden koneet sekä rautatiekalusto.

Saksa on kautta aikojen ollut suomalaisen konepajateollisuuden tärkeä esikuva ja koulutusmaa. Sota raunioitti Saksan konepajateollisuuden pahoin. Sotavaurioiden lisäksi tuotantokalustoa myös riistettiin voittajavaltioiden käyttöön. Saksan kah-tiajaossa myös itävyöhykkeelle (DDR) jäi paljon konepajoja, jotka jatkoivat siellä toimintaansa osan aloittaessa uudelleen lännessä. Uudelleen rakennusta myös hidasti voittajavaltioiden halu rajoittaa DDR:n teollisuustuotanto sotaa edeltäneelle tasolle. DDR:n perintöön kuului useita maineikkaita työstökoneitehtaita. Raskaiden ja vanhoillisten organisaatioiden ohella niissä oli paljon osaamista, jonka varaan jatkoa oli rakennettavissa. Tie ei ole ollut helppo, mutta pakon edessä keinoja löytyi.

Uutta tekniikkaa peilataan alan näytte-lyissä, joiden järjestäjänä Saksa on aktiivinen. Työstökoneenäyttelyjen traditio alkoi 1920-luvulla 800 vuoden messu-perinteet omaavassa Leipzigissä. Hanno-verista tuli toisen maailmansodan jälkeen Leipzigin läntinen korvaaja.

Saksan vahva autoteollisuus pyrkii kilpailu-syistä ottamaan jatkuvasti käyttöönsä mo-derneinta tekniikkaa. Saksalaisen auto-teollisuuden ja yliopistojen sekä tutki-muslaitosten yhteistyö on aktiivista.

2.4.5 Yhdysvallat

Amerikan Yhdysvallat on ollut aseteolli-suuden esikuva sekä merkittävä työstö-koneiden toimittaja - myös Suomeen. Amerikkalaisia työstökoneita tarvittiin Suomessa erityisesti sodan jälkeen, kun koneiden saanti oli vaikeaa Saksan pudottua hetkeksi toimittajien joukosta. Yhdysvallat on ollut teollisen tuotannon rationalisoinnin ja automatisoinnin edellä-kävijöitä, esimerkkeinä suomalaisiakin jo 1900-luvun alulta kiinnostanut taylorismi ja liukuhihnat sekä numeerinen ohjaus. Suomalaisia matkusti oppiin Yhdysvaltoihin, mistä esimerkkeinä ovat Veljekset Wikströmin Moottoritehdas ja Turun Rauta-

teollisuuden Wrede nuorempi. Isä Wrede lähetti pojan autoteollisuuden toiminta-tapoja oppimaan Yhdysvaltoihin. Autoa pidettiin liian monimutkaisena ja Turussa käynnistyi Kullervo-traktorin valmistus, jonka kokoonpano tapahtui jo 1910-luvulla amerikkalaisvaikutteisella u:n muotoisella linjalla.

2.4.6 Viro

Viron ensimmäinen tasavalta oli metalli-teollisuutemme luonteva, tosin volyymil-tään vaatimaton, vientikohde. Esimerkiksi Turun Rautateollisuus painatti tuotteidensa, kuten puimakoneiden, esitteitä viroksi. Neuvosto-Viron aikana Suomen ja Viron teolliset suhteet olivat jäissä. Viron toisen tasavallan aikana virolainen alihankinta-teollisuus on noussut nopeasti suomalaisten suosioon ja Viroon on sijoittunut suo-malaisten yritysten tytäryhtiöitä.

2.5 Teknillinen korkeakoulu-opetus ja tutkimus

2.5.1 Saksalaisista teknillisistä yliopistoista/korkeakouluista ja tutkimuslaitoksista

Teknillisellä korkeakouluopetuksella ja -tutkimuksella on saksalaisella kielialueella pitkät perinteet. Esimerkiksi mekaanisen teknologian isäksi on nostettu paljolti Göttingenin yliopistossa toiminut monipuolinen tiedemies Johann Beckmann (1739-1811).

Teknillisen korkeakoulun ja sen edeltäjien toimintamallit on pääsääntöisesti haettu tukholmalaisen KTH:n ohella saksalaisista ja sveitsiläisistä teknillisistä korkeakouluista ja yliopistoista. Esikuvia ovat olleet Karls-ruhe ja Zürihin ETH. Monet Polyteknillisen opiston ja (Suomen) Teknillisen Korkea-koulun opettajista, kuten mekaanisen teknologian opettaja Max Seiling (1879-97), olivat saksalaisia - senkin takia, että Suomesta ei tuolloin saatu rekrytoiduksi päteviä henkilöitä. Saksa myös oli aikanaan opetushenkilöstön ylivoimaisesti suosituin opintomatkojen kohde.

Itsenäisen Suomen aikaiset yhteydet saksa-laiseen korkeakoulutukseen ja tutkimuk-seen ovat olleet aktiiviset. Suomalaiset teknilliset korkeakoulut/yliopistot, kuten

sittemmin myös ammattikorkeakoulut ovat solmineet yhteistyösopimuksia saksalaisten kumppanien kanssa. Teknillisellä korkeakoululla esimerkiksi on yhteistyösopimus konepajatekniikan tutkimuksen kärkiryhmään lukeutuvan Rheinwestfälische Technische Hochschule Aachenin kanssa. Konepajatekniikkaa pääaineena opiskelevia tekniikan ylioppilaitakin on useana vuonna opiskellut Aachenissa vuoden jakson.

Saksassa on karkealla tasolla jaoteltuna kolmenlaisia tutkimusinstituutteja: Fraunhofer-Instituutit, korkeakoulujen yhteydessä toimivat instituutit ja omistuspohjaltaan vaihtelevat muut tutkimusinstituutit. Saksassa yliopistot ja Suomen VTT:n tapaiset tutkimuslaitokset toimivat - päinvastoin kuin meillä - organisatorisesti läheisessä yhteistyössä. On tavallista, että yliopiston professori on samalla alansa tutkimuslaitoksen johtaja.

Suomalainen tekninen tutkimus ja insinöörien koulutus on hakenut esikuvia Saksasta, joka kiistatta on ollut alalla etevä. Tosin saksalainen tutkimus menetti natsien toiminnan takia eräitä johtavia voimiaan. Monet vanhemman polven konepajateknikot esimerkiksi tuntevat nimen Schlesinger työstökoneiden tarkkuuden yleisesti käytettyistä tarkistusohjeista. Georg Schlesinger väitteli vuonna 1903 aiheenaan "Toleranssit koneenrakennuksessa". Seuraavana vuonna hänet nimitettiin Berliinin teknillisen korkeakoulun vasta perustettuun työstökoneiden ja tehdasteollisuuden professorin vakituiseen virkaan, jossa hän nousi konepajatekniikan varhaisten tutkijoiden kiistattomaan kärkeen. Berliiniin rakennettiin hänen toimestaan Saksan ensimmäinen lastuamistutkimuslaitteisto. Toleranssien ja sovitteiden sekä lastuamisen ohella Schlesingerin tutkimuksen uran läpi kestäneitä kohteita olivat standardisointi ja rationalisointi. Hän matkusti paljon mm. Yhdysvaltoihin ja Neuvostoliittoon. Työstökoneiden tarkkuusvaatimusten julkaiseminen vuonna 1927 oli Schlesingerin suuria saavutuksia.

Schlesingerin juutalaisuus oli 1930-luvun Saksassa vakava asia eikä arvostettu professori säästynyt juutalaisiin kohdistetuilta toimilta. Hänen tieteellisiä ansioitaan painottavat merkittävätkin tukijansa ja

tukijansa jyrättiin armotta. Häntä kiellettiin opettamasta ja professorin asunto joutui natsien kotietsinnän kohteeksi - varsinkin kirjasto oli epäilyttävä. Vankeuteenkin hän joutui pitkiksi ajoiksi. Huolimatta poliittisesta pannaan julistamisesta Schlesingerin merkittävimpiin teoksiin kuuluva kaksiosainen kirja "Werkzeugmaschinen" (Työstökoneet) ilmestyi Berliinissä vuonna 1936. Kirjan toimituksessa avusti Schlesingerin tuleva vävy Franz Koenigsberger, hänkin myöhempi maastamuuttaja. Schlesinger siirtyi vuonna 1934 pakon edessä Berliinistä sveitsiläisen tunnetun teknillisen korkeakoulun ETH:n vierailevaksi luennoitsijaksi Zürichiin ja jatkoi vielä saman vuoden lopulla Belgiaan Brysseliin Université Libre. Tulevia tapahtumia mahdollisesti ennakoiden professori siirtyi vuonna 1939 Englantiin Loughboroughin Institution of Production Engineering:iin, missä hän työskenteli vuonna 1944 tapahtuneeseen kuolemaansa saakka. Professori uurasti kirjoitustensa parissa loppuun saakka julkaisten teollisuudesta saatujen tietojen ja omien kokemustensa koontana kirjan "the Factory". Saksassa se julkaistiin vuonna 1951. Spekuloida voi toki aina sillä millainen Schlesingerin ura olisi Berliinissä ollut ilman murtokohtaa, jos historia olisi toisin kirjoitettu. Tosin Berliinin oppituoli periytyi osaaviin käsiin Otto Kienzlille.

2.5.2 Fraunhofer-Gesellschaft ja Fraunhofer-instituutit

Tieteellisistä ansioista aateloitu Joseph von Fraunhofer (1787-1826) oli aikansa merkittävä tiedemies. Hän kehitti lasinvalmistusmenetelmiä ja rakensi laadukkaita optisia laitteita. Fraunhofer-Gesellschaft perustettiin vuonna 1949 non-profit organisaationa. Ensimmäiset Fraunhofer-tutkimusinstituutit syntyivät vuosina 1955-1963.

DDR:ssä oli laajaa metalliteollisuuden tuotantotekniikoiden tutkimusta mm. Karl-Marx-Stadtissa, nykyisessä Chemnitzissä. Entisen DDR:n tutkimuslaitoksia on liitetty Fraunhofer-Gesellschaftiin vuosina 1990-2000. Fraunhofer-Gesellschaftiin kuuluu 40 sijaintipaikkakunnalla Saksassa noin 80 tutkimuslaitosta.

Fraunhofer-Gesellschaft suorittaa yritysten toimeksiannoista käytäntöön suuntautunutta tutkimusta, jonka tuloksista teollisuuden

ja palvelualan yritykset hyötyvät välittömästi. Toimeksiantajana voivat myös olla julkiset laitokset. Toiminnan tavoite on ylläpitää yhteistyötahojen kilpailukykyisyyttä sekä Saksan että muun Euroopan alueella. Gesellschaft pyrkii hyvään taloudelliseen tulokseen sekä sosiaalisesti hyväksyttävään ja ympäristön huomioon ottavaan toimintatapaan.

2.5.3 Mekaanisen teknologian ja konepajatekniikan opetus sekä tutkimus Suomessa

Sekä suomalainen konepajateollisuus että mekaanisen teknologian opetus olivat 1800-luvun jälkipuoliskolla kehityksensä alkutaipaleella ja etsivät muotojaan. Polyteknilliseksi kouluksi ja sittemmin opistoksi muuttuneen oppilaitoksen koneinsinööri-osasto pyrki saksalaisten esikuvien mukaan kasvattamaan konstruktöörjä metalliteollisuudelle

Mekaaninen teknologia otettiin Helsingin teknillisen reaalikoulun opetusohjelmiin vuonna 1858, joskin sen opettaminen jäi vähäiseksi. Koulu sai vuonna 1872 mekaanisen teknologian apuopettajan. Toimeen oli vaikea saada pätevää henkilöä. Opetus alkoi vasta Polyteknilliseksi opistoksi muuttuneessa koulussa, kun opettajaksi nimitettiin Saksasta vuonna 1879 tullut Max Seiling. Tuolloisista viran hakijoista oli kotimaisia kaksi, ruotsalaisia neljä ja saksalaisia seitsemän.

Mekaanisen teknologian merkitys kasvoi tekstiili- ja paperiteollisuuden kehityksen myötä. Opiskelijoiden sijoittumismahdollisuudetkin paranivat, sillä näiden alojen teollisuuden arveltiin voivan tarjota hyviä tulevaisuuden toimia, jotka muuten olivat joutuneet ulkomaisten mestarien käsiin /255/.

(Suomen) Teknillisen Korkeakoulun ensimmäiseksi mekaanisen teknologian professoriksi nimitettiin ilman hakua Seilingin seuraaja, Anton Uno Albrecht. Hän toimi näkyvästi monissa luottamustehtävissä, kuten Stenbergin konepajan hallituksessa ja Rahapajan tarkastajana. Albrechtin aikana mekaaninen teknologia, johon luettiin myös puun ja tekstiilien mekaaninen teknologia, nousi korkeakoulussa merkittäväksi tieteen alaksi. Professorin

verkoston ansiosta koulutuksella ja elinkeinoelämällä näyttää olleen toimiva suhde. Albrechtin professorikausi jatkui vuoteen 1936.

Samoihin aikoihin, kun Polyteknillinen opisto nostettiin korkeakouluksi (1908), perustettiin Tampereen teknillinen oppilaitos (1912), mikä osaltaan korosti mekaanisen teknologian asemaa.

Metallien ja puun mekaanista teknologiaa jo Albrechtin rehtorikaudella luennoineesta Paavo Perosta tuli järjestyksessä toinen mekaanisen teknologian professori. Häntä seurasi Jorma Serlachius, jonka tehtävistä Peron oli vielä eläkeläisenä huolehdittava Serlachiuksen SOTEVA-komennuksen ajan. Serlachiusta seurasi edeltäjäni O. Eero Huhtamo. Olen sarjan viides konepajatekniikan professori. Viran nimi muuttui Serlachiuksen kaudella mekaanisesta teknologiasta konepajatekniikaksi. Konepajatekniikkaan nimitettiin vuonna 1964 apulaisprofessori, mikä virka muuttui apulaisprofessorinimikkeeseen poistuttua professoriksi. Tästä alkaen konepajatekniikassa on ollut kaksi professoria. Aiemmin itsenäinen valimotekniikan laboratoriokin liitettiin professuureineen konepajatekniikkaan.

Kuriositeettina ansainnee mainita TKK:n teollisuustalouden professori Eino M. Niinin raportoineen vuoden 1951 tutustumiskäynniltään USA:n yliopistoihin jopa arvostetun MIT:n konepajatekniikan laboratorion seuranneen tarkkaan dipl.ins. Väinö Piispanen Billnäsissä suorittamia tutkimuksia. Piispanen oli vuonna 1937 julkaisemassa artikkelissaan "Lastumuodostumisen teoriaa" kehittänyt Toivo W. Salosen väitöskirjatyön pohjalta lastu-alkioiden lamellimallin.

Teknillinen korkeakoulu oli pitkään ainoa konetekniikan yliopistotasoinen oppilaitos Suomessa. Alueellisista ja poliittisista syistä syntyi tarve hajauttaa yliopistotasoista tekniikan opetusta, minkä seurauksena aloitivat Oulun yliopiston teknillinen tiedekunta ja Tampereen sekä Lappeenrannan teknilliset korkeakoulut (sittemmin yliopistot). Kaikissa uusissa yksiköissä alkoi mekaanisen teknologian, sittemmin konepajatekniikan, tuotantotekniikan tai vastaavan nimisten oppiaineiden opetus ja tutkimus.

Konepajatekniikan professoreilla on ollut hyvä tuntuma alan teollisuuteen, sillä useimmilla on ennen nimitystä hankittu vahva teollisuuskokemus. Professorit ovat pysytelleet alan uusien virtausten eturintamassa siirtäen osaamistaan teollisuuden henkilökontaktien ja diplomitöiden kautta.

Virkahistoriassa on luonnollisesti useita tilapäisiä viranhoitajaksoja. Nimitetyistä professoreista mainittakoon Tampereen Jaakkima Kilpi (k); Oulun ja sittemmin Tampereen Ilkka Lapinleimu; Tampereen Heikki Tikka, Paul Andersson, Seppo Torvinen, Tapio Lakso ja Esko Niemi; Oulun Juhani Pylkkänen ja Kauko Lappalainen; Lappeenrannan Juha Pietikäinen (k), Tapio Lakso ja Juha Varis sekä Otaniemen Erkki Ihalainen (k), Kalevi Aaltonen ja Esko Niemi.

Vuonna 1908 mekaanisen teknologian oppituoliin kuului metallien, puun ja tekstiilien teknologia, joista kaksi viimeksi mainittua pian eriytyivät omille teilleen. Yksin jo metallien mekaaninen teknologia on valtava kokonaisuus, joka on ollut tarkoituksenmukaista jakaa. Omia oppituolejaan ovat TKK:ssa saaneet teollisuustalous, työpsykologia, metallioppi, metallien muokkaus ja lämpökäsittely sekä valimotekniikka. Konepajatekniikan opetuksen ja tutkimuksen kannalta tärkeä hitsaustekniikka on tukeutunut VTT:n osaamiseen. Hitsausteknistä tutkimusta suoritetaan TKK:n koneenrakennuksen materiaali-tekniikan laboratoriossa. Eri yliopistoissa konepajatekniikan kenttä on jakautunut vaihtelevasti professuurien mukaan. Esimerkiksi Lappeenrannassa on hitsaustekniikan ja Tampereella mittaustekniikan oppituolit.

Tekniikan Akateemisten Keskusliitto TEK on esittänyt tutkittavaksi mahdollisuutta perustaa Suomeen teknillinen korkeakoulukonserni [136]. Siinä olisi valtakunnalliset toimialat esimerkiksi koulutusaloittain ja toimialakohtaiset johtajat sekä mahdolliset johtoryhmät. Ajatus on mielenkiintoisen lähellä työtä, jota MET:n aloitteesta ja koordinoimana kaavailtiin konepajatekniikan professorien neuvotteluissa jo 1980-luvun lopulla.

TEK:n aktiivisuus teknillisen koulutuksen kehittämisen suhteen on jatkunut. Tuoreimmat kannanotot ovat toukokuun 2009 seminaari ja sen yhteydessä julkistetut kolme kirjaa. Sanoman eräs huomio on, että tekniikan ydinosaamisen rinnalle tarvitaan poikkitieteellistä osaamista sekä vuorovaikutusta, kansainvälisyyttä ja organisaatio-osaamista.

TKK:n organisaation mullistava muutos käynnistyi vuoden 2008 alusta, jolloin Koneinsinööriosasto lakkasi olemasta ja alkoi toimia osana suurosastoja.

2.5.4 Valtion Teknillinen Tutkimuslaitos VTT

Aineenkoetuslaitos kuului Suomen Teknilliseen korkeakouluun, josta se sittemmin erkani itsenäiseksi Valtion Teknilliseksi Tutkimuslaitokseksi. Sen toiminta siirtyi vuonna 1942 TKK:n tiloista omaan Hieta-lahdentorin kulmataloon. Tällöin vielä oli kyseessä personaaliunioni, koska VTT:n johtokunnan toimenpaneva johtaja oli TKK:n rehtori. Alkuvuosien jälkeen TKK on toiminut erillään VTT:stä. TKK:n siirtyminen 1970-luvun alussa KTM:stä, jonka alaisuuteen VTT jäi, Opetusministeriöön lienee lopullisesti erottanut toisistaan nämä laitokset.

Konepajatekniikka ja mittaustekniikka ovat kuuluneet VTT:n aktiivisiin alueisiin. VTT:n konepajateknisen tutkimuksen volyymi on vaihdellut ja sen organisaatioita on monesti muutettu. VTT:n nykyinen hitsaustekninen tutkimus sijaitsee Lappeenrannassa. Konepajatekniset mittaukset on siirretty Mittaustekniikan keskukseseen, MIKES:iin.

VTT:n ja korkeakoulujen yhteistyötä toki on tehty. Esimerkiksi monipuolisesti ansioitunutta DI, sittemmin TTKK:n konepajatekniikan professoria Jaakkima Kilpeä käytettiin TKK:n konepajatekniikan opettajana, samoin hitsaustekniikassa useita VTT:n hitsauksen osaajia.

1960-luvulla ajateltiin, että teknillinen palveleva tutkimus olisi keskitettävä VTT:lle ja TKK:n kuului ainoastaan opettaa. Tästä periytyi pitempään jatkunut epätietoisuus eri tahojen tehtävistä, minkä selkeyttämiseksi professori Sakari Heiskanen VTT:ltä kutsui 1980-luvun lopulla konepajatekniikan professorit MET:n tukemana

neuvotteluun. Tuloksena oli tutkimusalueiden karkea jakaminen. Kullekin osapuolelle nimettiin "keihäänkärkialueet", joita niiden odotettiin kehittävän. Puiteohjelma "Konepajatekniikan tutkimus ja opetus korkeakouluissa ja VTT:ssä" ohjasi onnistuneena "tiekarttana" tulevaa kehitystä.

2.5.5 Kursseja ja jatkokoulutusta

Suomalaisten Teknikkojen Seura asetti alkuvuodesta 1949 Martti Levónin johtaman toimikunnan harkitsemaan toimia jatkokoulutusmahdollisuuksien parantamiseksi. Toimikunta päätyi esittämään kurseja, joista vastaisivat yhdessä TKK, VTT ja insinööriyhdistykset. Ensimmäinen kurssi oli keväällä 1950 järjestetty "Konepajatekniikan ajan tasalla pysymisen luentokurssi". Sen ohjelmassa oli konstruktivisia, konepajateknisiä teollisuustaloudellisia ja ihmisuhteita käsitteleviä luentoja. Luennoitsijat etsittiin sekä Suomesta että Ruotsista. /233/ STS nousi aktiiviseksi täydennyskoulutajaksi.

Teknillisen jatkokoulutuksen pirstouduttua monien järjestöjen ja tahojen harjoittamaksi hajanaiseksi liiketoiminnaksi STS pyrki koordinoimaan sitä, minkä seurauksena 1960-luvulla syntyi Insinöörijärjestöjen Koulutuskeskus ry INSKO. Samalla STS:n jatkokoulutus päättyi.

Seuraavat pari vuosikymmentä olivat jatkokoulutuksen kulta-aikaa. Kurseja järjestettiin laajasta aihekirjosta, usein "korpihotelleissa". Inskon toimintatapa oli ylläpitää jatkokoulutusta ideoivia ja suunnittelevia Valtakunnallisia asiantuntijatoimikuntia, VAT:eja. INSKO ei jäänyt ainoaksi täydennyskoulutuksen tarjoajaksi, vaan markkinoille tuli useita toimijoita, myös yliopistojen ja korkeakoulujen täydennyskoulutusyksiköistä. Muuttuva yrityskulttuuri alkoi kuitenkin vähentää yksittäisten hajakurssien kysyntää. INSKO esimerkiksi fuusioitiin perinteiseen koulutuslaitokseen AEL:ään.

2.6 Standardisointi ja sen sukulaiset

2.6.1 Osien vaihtokelpoisuus -toleranssit ja sovitteet

Vanha konepajatapa saada kaksi koneenosaa toimimaan yhdessä oli viimeistellä ne parina. Osista tuli toisiinsa sopivat, mutta eri parien osia ei voinut vaihtaa keskenään. Aseteollisuudesta 1800-luvun loppupuolella alkunsa saanut toleranssivalmistus ratkaisi ongelman. Sarjatuotanto-osat valmistettiin valitun mittavaihtelun puitteissa. Näin menetellen mikä tahansa osa sopi mihin tahansa vastakappaleeseen. Mittojen oikeellisuuden tarkastaminen edellytti uudenlaisia mittaussäilyineitä ja -tapoja, kuten kiinteiden tulkkien käyttöä. Tärkeitä mittaamisen kehitysskeleita olivat ranskalaisen Pierre Vernierin noniusasteikko, mikrometriruuvi ja ruotsalaisen C. E. Johanssonin mittapalat. Toleranssijärjestelmät ovat olleet ja ovat edelleen standardoinnin keskeinen osa.

2.6.2 Standardisointi

Standardit ovat vapaaehtoisia sopimuksia tiettyjen valintojen suosimisesta muuten liian laajojen valikoimien rajoittamiseksi. Standardeja tunnetaan jo roomalaisten ajoilta, kuten lyijyisten vesijohtoputkien läpimitat. Standardisointia alettiin määrätietoisesti soveltaa ensimmäisen maailmansodan sotivissa valtioissa. Merkittävillä teollisuusmailla on omat standardinsa, esimerkiksi saksalainen DIN. Kansainvälinen yhteistoiminta on synnyttänyt suuralueellisia ja kansainvälisiä standardeja, kuten ISO ja EU-standardit.

Standardit alkoivat hitaasti tulla käyttöön suomalaisissa konepajoissa toisen maailmansodan alla. Sodan jälkeen ja varsinkin sotakorvausteollisuuden paineissa niiden omaksuminen nopeutui. Metalliteollisuusyhdistys alkoi julkaista suomalaisia konepajateknisiä standardeja TES-standardeina. Sittenkin niidenkin julkaiseminen siirtyi SFS:lle. Yrityksillä voi olla omia tehdasstandardejaan. Standardisoinnin merkitys kasvoi, kun tuotteiden osakokonaisuuksia eli komponentteja, ja varsinkin tuotteita, alettiin standardisoida. Modulointina tunnettu tuotestandardisointi avasi tien monin tavoin suotuisalle kehitykselle.

Standardien positiiviset vaikutukset ulottuvat yksittäisistä detaljeista tuotekokoonaisuuteen. Jos yrityksellä on toimiva standardi, ei muu rationalisointi, esimerkiksi moduulikonstruktioiden suunnittelu, silti ole helppoa, mutta se on tehtävissä. Jos standardia ei ole, puuttuu perusta. Tällöin muukin on vaikeaa, jollei suorastaan mahdotonta.

Standardisointia tapahtuu kansainvälisellä tasolla (ISO ym.), suuralueellisella tasolla (EEC, EU), kansallisella tasolla (SFS, DIN ym.) sekä yritystasolla, joka on yksittäisen yrityksen kannalta tärkein taso.

Yritysstandardisointi on monen hyvän asian kivijalka ja samalla erinomainen informaatioväline - varsinkin jos standardisointi on hoidettu tavoitteellisesti. Ylemmän hierarkian standardit antavat yritysstandardeille esikuvia. Monissa asioissa ei esikuvia ole olemassa, vaan yritysstandardit on tehtävä yleisen standardisointikäytännön mukaisesti omaan tietoon nojautuen. Yritysstandardikin voidaan jakaa kolmelle tasolle:

1) Yleisin ja helpoin taso on materiaalien ja tarvikkeiden standardisointi, esimerkiksi käytettävät teräslaadut ja aihiomitat, ruuvit, mutterit jne. Tämän tason rinnalla kulkevat yleisistä standardeista mukaillut suunnitteluohjeet yms., esimerkiksi sovite-standardit, tuotantokalustostandardit, kuten työvälinestandardit. Tällä tasolla tuotto on pieni, mutta sovellutuskohdeiden määrä suuri, joten kokonaistulos ei ole väheksyttävä. Tämä taso on tehtävä ennen ylempiä tasoja.

2) Jo vaikeampaa tasoa edustaa komponenttistandardisointi. Komponentti on yleensä valmiina ostettava kokonaisuus, jossa ei kuitenkaan ole paljon omaa työtä, esimerkiksi vaihteisto, hydraulinen koneikko jne. Yhden yrityksen komponentti on tavallisesti toisen tuote.

3) Tuotestandardisointi voi tuottaa standardituotteita tai moduuleja, joista kootaan tuotteita. Tuotestandardisointi on yritysstandardisoinnin vaativin ja samalla tuotavain taso.

Standardituote on kerralla valmistettava kokonaisuus, jonka mahdolliset variaatiot saadaan aikaan standarditarvikkeita tai standardikomponentteja käyttämällä. Jos variaatiot eivät synny edellä mainituilla

keinoilla, tarvitaan moduuleita, joista tuote kootaan. Moduuli on standardisoitu osakokoonpano, joka yleensä edellyttää omaa työtä. Yhden yrityksen moduuli tai moduuleista koottu tuote voi puolestaan olla jonkun toisen yrityksen standardikomponentti. Standardituotteiden ja moduulien jako ei käytännössä ole näin selvä ja erilaisia välimuotoja esiintyy.

Yritysstandardi on täsmällisyytensä ja helpon saatavuutensa takia erinomainen informaatioväline ja yrityksen johdon apuneuvo. Sillä on mahdollista koordinoita organisaatioiden toiminta ja se auttaa ratkaisemaan toistuvat rutiiniongelmät aina samalla tavalla. Standardi on tehokas variaatioiden kasvun kurissa pitäjä ja suunnataja. Toimiva yritysstandardi on riittävän laaja ja eri tasot kattava. Standardisoinnin painopistealueet ja kohteet sekä laajuus on harkittava yrityskohtaisesti. Ylläpito on tärkeä rutiini, johon tietojenkäsittely antaa apua. Standardin käyttäjien on oltava vakuuttuneita siitä, että järjestelmä toimii ja että siitä on hyötyä. Jos näin ei ole, systeemi kuihtuu välttämättömäksi pahaksi, josta ei ole hyötyä.

Moduulien alkuperäinen merkitys on olla mitta, jolla rakenneosat ovat jaolliset. Käsite on sittemmin laajentunut tarkoittamaan samanlaisia tai samankaltaisia rakenneosia (de: Baukasten), joista yhdistellään tuotteen erilaisia muunnoksia. Ne voivat olla erikokoisia (de: Baureihe). Rakenneosien tuotehierarkkisen merkityksen mukaan puhutaan myös perusmoduuleista, apumoduuleista, erikoismoduuleista, sovitusmoduuleista jne. Käsitteistö on selkiytymätön.

Havainnollisia esimerkkejä aikansa standardisoinnista ovat MET:n tekniset tiedotukset: 33/85 Standardisointi ja modulointi yrityksen toiminnan selkeyttäjänä. Esimerkkejä ja 18/87 Tuotestandardisointi Asiakas tyytyväiseksi yrityksen ehdoilla.

2.6.3 Ryhmäteknologia

Ryhmäteknologia on ajattelutapa, jota noudattamalla pieninä sarjoina tai yksittäin valmistettuihin tuotteisiin tai oikeammin niiden osiin voidaan soveltaa samanlaisia rationalisointimahdollisuuksia kuin sarjatuotannossa. Perusolemuksestaan se on "tervettä järkeä" ja standardisointia. Ei ole

varmaa, missä ajatusta on ensimmäiseksi sovellettu ja milloin sille on annettu ryhmäteknologian nimi. Ryhmäteknologian juuret johtavat 1930-luvulle. Group Technology, GT, merkitsee yhteydestä ja esityskielestä johtuen joko ryhmäteknologiaa tai solutuotantoa.

Ryhmäteknologiaa kuvaavat sattuvasti seuraavat määritelmät:

"Ryhmäteknologia on syntynyt oivalluksesta, että monet ongelmat ovat samanlaisia ja että ryhmittelemällä samanlaisia ongelmia yhtä ratkaisua voidaan soveltaa kokonaiseen ongelmavyyhteen aikaa ja rahaa säästään" (Solaja)

"Ryhmäteknologia on yrityksen kaikkien toimintojen sellainen järjestelmä, jolla sarjatuotannon edut tuodaan vaihtelevaan pien-erätuotantoon" (Ranson)

"Ryhmäteknologisen osaperheen yksittäiset osat ovat erilaisia, mutta niiden valmistuksessa on yhteisiä vaiheita" (Levulis).

Ryhmäteknologiassa työkappaleista etsitään yhteisiä piirteitä, jolloin niitä omaavia, mutta muissa suhteissa toisistaan ehkä huomattavastikin eroavia osia, voidaan ainakin jossakin tuotantoprosessin vaiheessa käsitellä yhdessä ryhmänä tai sarjana sekä soveltaa siihen sarjatuotannon periaatteita. Yhteiset piirteet voivat liittyä paitsi osien muotoon myös niiden mittoihin, rakennearineeseen, lähtöaihiin, käyttötarkoitukseen, valmistusmenetelmiin, vaadittavaan tarkkuuteen, pinnanlaatuun jne. Työkappaleita siis voidaan ryhmäteknologisesti tarkastella monelta kannalta.

Työkappaleista tarvitaan informaatio, joka sisältää ryhmäteknologian kannalta olennaisia tietoja. Tarkoitukseen on kehitetty useita koodausjärjestelmiä, joiden mukainen koodi on kieli ryhmäteknologisten ajatusten ilmaisemiseksi. Yleisimmät järjestelmät koodaavat ensin työkappaleen muotoa ja sen jälkeen muita yksityiskohtia. Numerokoodin eri yksityiskohtien perusteella voidaan muodostaa eri toimintoja, kuten valmistusta tai suunnittelua, palvelevia kappaleryhmiä. Ryhmäteknologiset osaperheet muodostetaan yksinkertaisimmin silmämääräisesti. Käytössä on myös analyttisiä menetelmiä, kuten tuotannonkulkuanalyysi PFA (Production Flow Analysis).

Ryhmäteknologia on osoittautunut käyttökelpoiseksi suunniteltaessa ja organisoitaessa tuotantoa ja investointeja. Erityisen hyväksi työvälineeksi ryhmäteknologinen ajattelutapa on osoittautunut solu- ja tuoteverstaista muodostettaessa.

2.7 Valmistuksen organisointiin kohdistuvia muutostekijöitä

2.7.1 Solu- ja tuoteverstaivalmistus

2.7.1.1 Kolme erilaista tuotantomuotoa

Konepajoissa tavataan kolmella lailla järjestettyä tuotantoa:

- linjatuotanto
- funktionaalinen tuotanto
- ryhmätuotanto
 - (tuote)solut
 - tuoteverstaat

Nämä on helppo erottaa toisistaan layoutin perusteella. Tuotantojärjestelmään liittyy kuitenkin muitakin, kuten työnkulku, tuotannon ohjaustavat sekä organisatoriset asiat. Tuotantojärjestelmä on tehtaan ja sen toiminta- sekä ohjausmenetelmien yhdessä muodostama kokonaisuus.

Kaikilla tuotantomuodoilla on hyviä ja huonoja puolia, jotka saattavat olla varsin tapauskohtaisia. Mikään tuotantomuoto ei ole vanhentunut ja kelvoton, vaan kaikilla - tai niiden yhdistelmillä - on käyttöä. Tuotantomuodon valinnalle voidaan antaa yleisiä suosituksia ja reunaehdoja. Kukin sovellutus on kuitenkin yksilöllinen ja sen käyttöön siirtyminen vaatii paljon panostusta ja valvontaa.

Ryhmätuotannon solut ja tuoteverstaat ovat uudempia tulokkaita totunnaisten linja- ja funktionaalisen tuotannon rinnalle. Ne olivat 1980-luvun lopulla suuren mielenkiinnon kohteina, koska niillä usein saavutettiin erinomaisia tuloksia. Solu- ja tuoteverstaasajattelu on ollut jatkokehityksen, kuten JOT:n ratkaiseva perusta.

2.7.1.2 Linjatuotanto

Linjatuotanto on ylivoimainen, jos sen edellytykset - riittävä määrä samanlaisia tai lähes samanlaisia tuotteita - ovat olemassa. Linjan joustavuus on vähäinen. Suomessa on ollut harvoin mahdollista valmistaa

konepajatuotteita tuotantolinjoissa, kehitys on päinvastoin kulkenut kohti pieneriä. Linjatuotannon kiistattomat edut ovat kuitenkin niin tavoiteltavia, että niihin pyritään muissakin tuotantomuodoissa. Siinä auttaa ryhmäteknologia, jolla sarjatuotannon edut tuodaan sekatuotantoon.

2.7.1.3 Funktionaalinen tuotanto

Funktionaalisen tuotannon malliesimerkki on suomalainen, 1950- tai 1960-luvun sekavalmistuskonepaja, joka koostui menetelmätyypin mukaan jakautuneista suoritusryhmistä, kuten sorvaamo, raskas sorvaamo, poraamo, jyrsimö, kokoonpanosasto ja työvälinoasasto. Koneiden kuormitusaste saadaan korkeaksi normaalissa työtilanteessa (eli kun on riittävästi sellaisia tilauksia, joille konekanta on hankittu). Kutakin konetta käyttää tehtävään erikoistunut ammattitaitoinen henkilö. Funktionaalinen järjestelmä on parhaimmillaan vaihtelevassa tuotannossa ja/tai vaativien kappaleiden valmistuksessa. Pieni yksikkö suostuu myös tuotannon funktionaalista järjestelyä. Funktionaalinen tuotanto on joustavaa.

Yksikköjen koon kasvaessa kohdataan funktionaalisen tuotannon vakava haitta, tuotannon ohjauksen ja toiminnan organisoimisen vaikeutuminen. Toimivaa ja riittävästi muutoksiin mukautuvaa hienokuormitus- ja ohjausjärjestelmää on ollut vaikea tietokoneaikanakaan kehittää. Seurauksena on pitkä läpäisy aika ja monella tavoin sekava tilanne. Herkästi kumuloituvat häiriöt ovat summautuneina niin merkittävä epäkohta, että on haluttu etsiä vaihtoehtoja, kuten valmistuksen tai sen sopivan osan järjestäminen ryhmätuotantoperiaatteen mukaisiksi soluiksi tai tuoteverstaiksi.

2.7.1.4 Solut ja tuoteverstaat

Solu on sille tarkoitettujen tuotteiden valmistamiseen erikoistunut, pienehkö tuotantoyksikkö. Siinä on yksi tai useampia koneita apulaitteineen. Samantapaisia, solulle sopivia tuotteita on oltava riittävästi. Solun henkilöstö työskentelee joustavasti, tiettyyn tehtävään sitoutumatta. Solun sisäisiä työpisteitä on yleensä enemmän kuin työntekijöitä. Solun koko on usein kahdesta kymmeneen henkilöön. Solussa työskentely sopii monille henkilöille muita tuotantomuo-

toja paremmin, varsinkin valittaessa henkilöt oikein.

Oleellista soluille on, että ne ovat tuotannon perusyksiköitä, joiden työryhmä suorittaa työnjärjestelyllisesti yhden työvaiheen. Solu voidaan rakentaa erilaisilla automaatiotasolla. Modernin tuotantotekniikan edut tulevat esille myös solutuotannossa. Usein solussa on ns. johtokone, joka tehokkaana ja kalliina yksikkönä pyritään täysin kuormittamaan. Välttämättömissä, mutta ajankäytöllisesti vähäisemmissä tehtävissä, selvittää yksinkertaisilla, jopa vanhoista kunnostetuilla koneilla. Työstökoneiden kuormitus vaihtelee ja halpojen apukoneiden vajaakuormitus on sekä tavallista että sallittua. Solutuotanto lyhentää läpäisyajoja, pienentää kesken eräiseen tuotantoon sitoutuvia pääomia ja säilyttää tuotannon ohjattavuuden.

Tuoteverstaassa valmistetaan joko koko tuote tai sen osa, kuitenkin yleensä solun tuotteita suurempi kokonaisuus. Tuoteverstaas voi sisältää solun tai soluja sekä funktionaalisen osan. Se on karkeasti ottaen "iso solu", jonka tuomat edut ovat paljolti samat kuin solun. Tuoteverstaas on itsenäinen yksikkö, jolla on oltava riittävät resurssit tehtävistään selviytymiseksi. Kooltaan se on tavallisesti muutamia kymmeniä henkilöitä. Koon ylärajan määrittää yleiskatsauksellisuus ja tuotannon selväpiirteisyys.

Havainnollista aikansa kirjallisuutta soluista ja tuoteverstaista ovat MET:n tekniset tiedotukset: 3/79 Solutuotanto pienerävalmistuksessa; 23/79 Solutuotanto pienerävalmistuksessa, osa 2; 18/81 Solut Suomen metalliteollisuudessa; 6/84 Kapasiteetin lisääminen ja läpäisyajan lyhentäminen; 29/86 Tuoteverstaiden käyttöönotto; 14/87 Tuotannon analysointi ja virtauttaminen ja 22/88 Verstaan tuotannonohjausjärjestelmän suunnittelu ja valinta.

2.7.2 JOT-tuotantoperiaate johdannaisineen

Kun solut ja tuoteverstaat oli rohkaisevin tuloksin saatu toimimaan suomalaisissa yrityksissä, oltiin taas muuttuneessa kilpailutilanteessa. Markkinat kansainvälistyivät ja niiden muutosherkkyys kasvoi, kiristynyt kilpailu edellytti riittävää määrää tuotevariaatioita, tuotteiden laadukkuutta ja

täsmällisiä sekä lyhyitä toimitusaikoja. Samalla paineet tuotantokustannuksia kohtaan kasvoivat.

Japanilaisten teollisuusyritysten ihasteltu tehokkuus alkoi kiinnostaa suomalaisia ja sen perusteista ryhdyttiin ottamaan selvää. Myös muita, kuten yhdysvaltalaisia, menetelytapoja seurattiin. Maailmalta noude-
tuista ajatuksista syntyi ajattelutapa, joka Suomessa nimettiin JOT eli Juuri Oikeaan Tarpeeseen, Just in (on) Time -tuotannoksi.

JOT-ajattelu oli Suomessa 1980-luvun alkuvuosina uutta. MET katsoi hyödylliseksi tuoda maahamme JOT-osaamista ja levittää sitä seminaarein ja julkaisuin. JOT:n ajatukset hyväksyttiin yleisesti ja siitä tuli nopeasti tapa organisoida useimpien yritystemme toiminta. JOT-periaatteet ovat laajavaikutteisia, joten niillä voidaan kehittää tuotannon ohella muitakin toimintoja.

JOT sisältää sekä teknisiä että henkilöstöön kohdistuvia elementtejä, jotka toki käytännön sovelluksissa lomittuvat toisiinsa. Asetusaikojen lyhentäminen esimerkiksi on paitsi tekninen myös asenteellinen asia. Opetuksellisen kahtiajaon tarkoitus olikin vain havainnollistaa JOT:n sisältöä. JOT-tuotantoa voi perustellusti pitää solujen ja tuoteverstaiden muodostaman ryhmätuotannon seuraavana askeleena kilpailukykyisempään suuntaan. Muutos funktionaalisesta tuotannosta JOT:iin oli onnistuakseen liian kunnianhimoinen, joten solut ja tuoteverstaat olivat tarpeen kehityksen väliaskelmina.

JOT yhdistetään usein tuotannon läpäisy-aikojen lyhentämiseen ja tuotannon kehittämiseen. JOT pyrkii eroon kaikesta turhasta. Tuotannossa pyritään karsimaan työt, jotka eivät kasvata tuotteen jalostusarvoa, kuten kuljetukset, tarpeettomat materiaalien etsimiset, tarkastukset ja korjaukset. Samoin pyritään poistamaan tuotantoon turhaan sitoutunut pääoma, jota on usein sitoutuneena materiaali-, puolivalmiste- ja valmisteverastoihin. JOT pyrkii lisäämään työn ja pääoman tuottavuutta. Tuotteita ei valmisteta ennalta eikä varastoon. Asiakasohjautuvuus perustuu tilauksen synnyttämään imuun.

JOT:lle on tunnusomaista virtautettu tuotanto ja sen mahdollistava layout, lyhyet

läpäisyajat, korkea laatu ja pienet eräkoot. Virtautus on selvä ja konkreettinen asia, jota kannattaa tavoitella. Kun sekamelska selventyy yksinkertaiseksi virraksi, on jo paljon voitettu. Siitä on helppo jatkaa. Lyhyet läpäisyajat ja pienet eräkoot lisäävät tuotannon joustavuutta ja luovat edellytykset asiakasohjautuvalle tuotannolle. Lyhyet asetusajat ovat välttämättömiä JOT:n onnistumiselle. JOT toteuttaa vaatimukset asiakaspalvelusta, laadusta, pienistä tuotantokustannuksista ja minimaalisesta vaihto-omaisuuteen sitoutuneesta pääomasta.

JOT-tuotantoon siirtyminen korostaa alihankinnan tarpeellisuutta. Yritykset eivät voi olla kaikessa parhaita. Yrityksen onkin järkevään ja kannattavaan tuotantoon pyrkiessään valittava oma ydinvalmistuksensa ja panostettava sen kehittämiseen parhaan hyödyn saavuttamiseksi. Jotta JOT toimii, on alihankkijoiden toimitusrytmin noudatettava päähankkijan tuotannon ajoitusta. Alihankkijoiden sijainti lähellä tilaajaa saattaa tapauksesta riippuen olla tarpeen.

2.7.3 Layoutin muutokset ja asetusajat

Otsikossa on yhdistetty kaksi näennäisesti erilaista asiaa. Ne kuitenkin ovat läheisessä suhteessa toisiinsa ja niitä on vaikea käsitellä erillisinä.

Katsottaessa mitä hyvänsä JOT:iin liittyvää toimenpideluetteloä nämä molemmat ovat mukana - yleensä ensimmäisinä toimina. Jotkut ovat sitä mieltä, että asetusajat on ensin painettava alas ennen layoutin muuttamista. Toiset taas pitävät parempana aloittaa layoutista ja jatkavat asetusajoilla. Kuinka päin vain, mutta oleellista on, että molemmat on tehtävä ja mielellään käsi kädessä.

Tuotannon virtaama saadaan aikaan sitä tukevalla tuotantolaitteiden sijoittelulla eli layoutilla. Sen järjestelyä rajoittavia tekijöitä ovat tuotantotilojen muoto ja koko sekä raskaan perustuksen vaativat työstökoneet tai muut laitteet, joiden siirtäminen on mahdotonta tai kohtuuttoman hintaista. Layout-suunnittelu on tärkeä tuotannon rationalisoinnin vaihe, joka on nykyisin eri vaihtoehtojen arvioimiseksi simuloitavissa tietokoneella.

Työkappaleen valmistusaika jakautuu asetusajaan ja kappaleaikaan. Erän valmistusaika on asetusaja + valmistettavien kappaleiden määrä kertaa kappaleaika. Asetusajan merkitys on suurissa valmistuserissä vähäinen, mutta korostuu pien-erävalmistuksessa. Asetusaikaan ei aiemmin ollut tarvetta tai ei viitsitty kiinnittää suurtakaan huomiota. Suomalaiset asetusajat olivat tunnin tai jopa tuntien luokkaa. Pieniä valmistuseriä korostava JOT osoitti asetusajoja voitavan lyhentää tuntuvasti, jopa murto-osiin totutuista. Asetusajatavoite on nolla.

Asetusta on monenlaista - miltei jokaisessa työssä omansa. Yleensä on totuttu siihen, että vaihtelevassa sekatuotannossa asetus tehdään käyttäen mahdollisimman paljon yleistyövälineitä, jolloin asetuksen tekoon tuleekin kulua aikaa. Suursarjatuotanto puolestaan kattaa sarjakohtaiset työvälineet, mutta ei ole harvinaista, että niidenkin asettaminen vaatii aikaa. Esimerkiksi automaattisorvien asetusaja on useissa tapauksissa ollut luokkaa päivästä puoleentoista. Uusimpien automaattien asetusaja on kertaluokkaa lyhyempi, päivästä neljännestantiin.

Konstruktioilla on perustavaa laatua oleva vaikutus valmistettavien tuotteiden asetusajavälisyyteen. Tässä suhteessa korostuu jälleen kerran tuotesuunnittelun ja valmistuksen tarkoituksenmukaisesti organisoitu yhteistoiminta. Asetusajoja voidaan lyhentää investoimalla työstökoneisiin, joissa nopea asetettavuus on otettu huomioon. Aikoja voi lyhentää tavanomaisin rationalisointitoimin. Perusohje on muuttaa mahdollisimman suuri osa asetuksesta konetta seisottavasta sisäisestä asetuksesta ulkoiseksi, jonka aikana kone käy. Kaiken turhan karsiminen edellyttää usein työvälineiden standardisointia.

Työvälinekanta, kuten terät, kiinnittimet ja mittalaitteet, on asetuksen ehkä tärkein osatekijä. Yleispuolevien asetusohjeiden antaminen on vaikeaa, mutta yksi käy yleensä ylitse muiden. Se on standardisointi, jolla esimerkiksi voidaan muodostaa toimivat työvälinejärjestelmät, sopivat työpaikat jne. Muiden kokemuksia kannattaa seurata ja oppia niistä.

Asetusaikaa ei turhaan ole nimitetty strategiseksi komponentiksi, kuten Arno Saraste toteaa Konepajamies -lehden pääkirjoituksessa "Shingon vihreä osaamisen aapinen" /1983:7-8/. Jos asetusajaa lyhennetään riittävästi, on mahdollista saavuttaa lyhyt läpäisy aika, pienet valmistuserät, joustava tuotanto ja nopea, selkeä virtaus. Shigeo Shingo esittää kahdeksanvaiheisen SMED-Single Minute Exchange of Die -menetelmän. Saadut tulokset ovat ainakin eräissä esimerkkitapauksissa todella vaikuttavia, tunneista minuuteiksi. Asetusaika analysoidaan ja eritellään ulkoiseen sekä sisäiseen asetukseen. Ajatus ei ole uusi tai mullistava, mutta johtaa järjestelmällisesti toteutettuna hyvään tulokseen. Konetta seisottavan asetuksen kimppeun käydään ensimmäiseksi. Solut ja tuoteverstaat ovat tuotantomuotoina asetusajavälisiä, sillä osaperheelle tms. on aina helpompi järjestää rationaalinen asetus kuin sekalaiselle ja vaihtuvalle osavaihtokomponentille.

Rauten asetusajamerkki: Viilusorvin päätykotelo piirrotettiin ja koneistettiin siinä merkittyjen lähtökohtien mukaisesti avarruskoneessa. Piirrotuksesta voitiin luopua, kun pääty kiinnitettiin koneistuskiinnittimeen, jossa työvarojen olemassaolo todettiin nopeakäyttöisillä tulkeilla. Valmis paletti koteloineen vaihdettiin koneen pöydälle. Pitkä piirrotusaika säästyi ja koneistuksen asetusaja lyheni huomattavasti /212/.

2.7.4 Kapeikkoajattelu

1970- ja 1980-lukujen vaihteessa kehitetty tuotannonohjausohjelmisto OPT, Optimized Production Technology, perustuu tuotannon pullonkaulakohtien merkityksen korostamiseen ja muun tuotannon synkronointiin pullonkaulojen tahtiin. Menettely poikkesi perinteisistä tarvelaskentapohjaisista järjestelmistä, jotka eivät yleensä ota huomioon tuotantojärjestelmän kapasiteettirajoituksia. OPT:n perusperiaatteista kehittyi sittemmin laajempi, kokonaisen kehittämissuunnan sisältävä, ennen kaikkea terveen järjen käyttöön perustuva ajattelutapa, kapeikkoajattelu (Theory of Constraints).

Kapeikkoajattelu korostaa yrityksen perimmäisen tavoitteen olevan ansaita rahaa ja että kaiken toiminnan tulee edistää tämän saavuttamista. Muut pyrkimykset, kuten ylivoimaisen laadun tavoittelu, uuden

tuotantotekniikan soveltaminen tai työstökoneiden korkeat käyttösuhteet, saattavat edistää tämän tavoitteen saavuttamista, mutta eivät sinänsä ole tavoittelemisen arvoisia. Kohteeksi on valittava tuote tai tuotevalikoima, joka antaa parhaan katteen. Kapeikkoajattelun keskeinen idea on tunnistaa rahan ansaitsemista rajoittavat kapeikot ja käyttää niitä tuotannon suunnittelun ja kehittämisen perustana.

Kapeikkoajattelu, MRP (Manufacturing Resource Planning) ja JOT täydentävät toisiaan painottaen hieman eri asioita. Monessa tapauksessa paras järjestelmä voisi olla kaikkien kolmen yhdistelmä. Tällöin sovellettaisiin ensiksi kapeikkoajattelua pullonkaulojen tuotanto-ohjelman laadintaan keskipitkällä ajanjaksolla. Tätä tuotanto-ohjelmaa käytettäisiin sitten MRP:n tuotantosuunnitelmana materiaalitarpeiden ajoittamisessa, jolloin hyödynnettäisiin MRP:n tietojenkäsittelyvoimaa. Toistuva osa tuotannosta ja lyhyen tähtäimen toiminta tapahtuisi visuaalisiin impulsseihin perustuvalla imuohjauksella.

2.8 Konstruointi ja simultaanisuunnittelu

2.8.1 Piirustuslaudoista tietokoneisiin

Konstruktöörin maailmanlaajuinen kieli on koneenpiirustus ja piirustuslauta heidän perinteinen työvälineensä. Tietokoneiden käyttöönotto merkitsi kehittyneiden laskentamenetelmien (mm. FEM; Finit Element Methode) ja tietokoneavusteisen suunnittelun (CAD, Computer Aided Design) muodossa 1980-luvulla murrosta konstruktöörin työskentelyyn. Konstruktiiivisen geometrian muuntaminen suoraan työstökoneiden ohjelmiksi on jo arkipäivää. CIM:iin (Computer Aided Manufacturing) liittyvät tiedostot ja tietoverkot avaavat uusia mahdollisuuksia reaaliaikaiselle ja sijainnista riippumattomalle yhteistoiminnalle. Konstruktioityön tuottavuus on parantunut tutkimusten mukaan 1900-luvulla vähemmän kuin esimerkiksi valmistuksen tuottavuus, joten haasteita vielä riittää.

Tuotesuunnittelua tukevia tekniikoita ovat mm:

Arvoanalyysi (Value Analysis; Value Engineering)

Suunnittelukatselmukset (Design Review). Ne ovat arvoanalyysin piirteitä sisältävä ryhmätyön muoto, josta kuitenkin puuttuu arvoanalyysin järjestäytyneisyys ja luovan työn tekniikat.

DOE (Design Of Experiments) -menetelmiä ovat klassinen DOE, Taguchi -menetelmä. Se auttaa optimoimaan sekä tuotteita että tuotantoprosesseja mm. toteamalla, että laadun parantaminen ja kustannusten samanaikainen alentaminen on mahdollista. *QFD* (Quality Function Deployment) -menetelmä tähtää asiakkaiden tarpeiden huomioon ottamiseen, minkä ohella sen tavoitteena on tuotekehityksen nopeuttaminen. Asiakkaan tarpeet muunnetaan matriisitekniikalla painokertoimin tuoteominaisuuksiksi. QFD on sukua Taguchille. Sillä on kyetty lyhentämään tuotesuunnittelu-aikoja ja vähentämään konstruktioomuksia.

2.8.2 Ryhmätyötä edistäviä toimintatapoja

2.8.2.1 Nimityksistä

Konstruointiin liittyvää eri näkökohtien huomioon ottamista on eri aikoina nimitetty vaihtelevin nimin, osin johtuen toiminnan uudeltaisesta kohdistamisesta ja osin jotta asialle saataisiin uudelleen esille nostettuna sen tärkeyttä korostamaan entisestä poikkeava imago. Näitä nimityksiä ovat:

Integroitu tuotekehitys -nimitys tuli käyttöön 1980-luvun puolivälin tienoilla. Sitä käytettiin teknisessä tiedotuksessa 26/90 "Integroitu tuotekehitys - koulutusaineisto". Vaikka jotkut korostavat integroidun tuotesuunnittelun olevan markkinalähtöistä, kysymys on suurin piirtein samasta asiasta kuin tuotetason ryhmätyö. Jos eroja on, ne eivät ole merkittäviä.

Concurrent Engineeringiä käytettiin integroidun tuotesuunnittelun synonyyminä. Se määritellään reaaliajassa toimivaksi suunnittelujärjestelmäksi, jossa konstruktöörin ja valmistustekniikan asiantuntijat operoivat informaation nopeuttamiseksi samassa tietoverkossa.

Simultaanisuunnittelu on luonteva suomalainen nimi nykyisin kansainvälisesti käytetyille Simultaneous Engineeringille. Nimitystä käytetään sen mukaan, mitä siihen halutaan sisällyttää. Verrattuna seuraavassa esitettyyn tuotetason ryhmätyöhön tai integroituun tuotekehitykseen sen ta-

voitteet ja toimintatavat ovat niin samankaltaiset, ettei eroa ole edes teoriassa mielekästä yrittää etsiä.

DFM (Design For Manufacture) on tullut käyttöön yhteisnimityksenä konstruoinnille, jossa kiinnitetään huomiota valmistusteknisiin näkökohtiin. Sen kehityskaari niksi-vihoista simultaanisuunnitteluun on pitkä, mutta johdonmukainen. DFM:n osa on DFA (Design For Assembly), joka systemaattisesti auttaa parantamaan tuotteen kokoonpantavuutta.

2.8.2.2 Niksi-vihoista simultaanisuunnitteluun

Useimmat vastaavat myönteisesti kysymykseen onko valmistustekniikan huomioon ottaminen tarpeen tuotteita konstruoidessa. Monet myös mielellään korostavat asian merkitystä kilpailukyvyille ja muille tavoiteltaville seikoille. Yllättävän harvat kuitenkin ovat käytännössä löytäneet toimivia tapoja saattaa konstruointi, valmistustekniikka markkinointi ja muut kokonaisuuden kannalta oleelliset tuotteen kehityksen ja valmistamisen vaiheet tulokselliseen yhteistoimintaan.

Konstruktöörin ensisijainen tehtävä on suunnitella mahdollisimman hyvä tuote, jonka asiakas on valmis valitsemaan ja jonka käytön aikaiset ominaisuudet saavat asiakkaan valitsemaan uudelleen saman valmistajan tuotteen. Konstruktöörin kannalta muut ominaisuudet, kuten yksinkertainen valmistus, ovat vähemmän tärkeitä. Kilpailukykyisessä tuotteessa kaikki kuitenkin liittyy kaikkeen, joten esimerkiksi valmistettavuuteen liittyviä näkökohtia ei voi jättää huomiotta.

Tietokoneet ovat vain konstruoinnin apuvälineitä. Ne toisaalta helpottavat konstruointia ja muovaavat sitä uusiin toimintatapoihin ja toisaalta antavat uusia mahdollisuuksia organisaatioiden väliseen yhteistoimintaan, mutta eivät muuta konstruktion aikaisen yhteistoiminnan tarvetta eikä periaatteita.

Tekniikan ollessa nykyiseen verrattuna yksinkertaista kokenut konstruktööri kykeni halutessaan ottamaan huomioon valmistuksen tavanomaiset vaatimukset. Koke-mattomien konstruktöörin perehdyttämistä varten julkaistiin varsinkin Saksassa jo 1900-luvun alkupuolella konepajaniksi-

kokoelmia (Werkstattkniffe). Niissä esitettiin tavallisesti kuvin havainnollistaen huono - parempi ratkaisuja erilaisissa tapauksissa. Toisen maailmansodan jälkeen alettiin niksi-vihojen ohella puhua valmistuksen huomioon ottavasta konstruoinnista, valmistusystävällisyydestä.

Niksi-vihoista jalostui kehittyneempiä ohjeistoja, joissa konstruktöörejä opastettiin valmistusteknisissä asioissa. MET:n tuotesuunnittelutekniikan toimikunnan tavoite oli 1970- ja 1980-luvuilla tuottaa konstruktiiivisia ohjeistoja yleisimmistä valmistusmenetelmistä ja materiaalien valinnasta. Tavoite osin saavutettiin, mutta jäi osin kesken. Ohjeistoja julkaistiin mm. toleranssien ja pinnankarheuksien valinnasta, NC-tekniikan huomioon ottamisesta tuotesuunnittelussa, ohutlevyrakenteiden ja meistettävien osien suunnittelusta, liimauksesta, valujen ja takeiden käytöstä, kokoonpantavuudesta ja materiaalien valinnasta.

2.8.2.3 Valmistuksen ja tuotesuunnittelun yhteistyö

Ajatus konstruktöörin ja valmistusosastojen organisoidusta yhteistyöstä on varmasti syntynyt monissa eri paikoissa. Suomessa sitä ei juurikaan kokeiltu ennen 1970-lukua. Sitä ilmeisesti vierastettiin hankalana ja näennäisesti kalliina eikä kulttuuri vielä ollut siihen kypsä. Esitettyjen yhteistyömallien kohteina olivat tuotteiden yksittäiset osat, mistä johtuen kirjoittaja sittemmin nimesi mallin *osataison yhteistoiminnaksi*. Ajan myötä huomattiin kannattavaksi kohdistaa ryhmätyötoimenpiteet osien ohella koko tuotteen konstruointiin. Tuotteiden rakenteiden modulointi on kirjoittajan *tuotetason ryhmätyöksi* nimeämän yhteistyön keskeinen keino.

2.9 Tekninen kehitys

2.9.1 Valmistusmenetelmistä

2.9.1.1 Valaminen

Tarkastelukauden alussa monilla konepajoilla oli vielä oma valimo. Myös alun perin valimoiksi perustettuja yrityksiä oli, kuten Högfors ja Suomivalimo. Konepajat alkoivat eri syistä lopettaa tai eriyttää valimoitaan. Pian konepajojen omat valimot olivat historiaa.

Valimotekniikka on esimerkiksi hiekkojen, kaavauksen, sulatuksen ja sulankäsittelyn osalta huomattavasti kehittynyt. Harmaarautoja käytetään edelleen paljon. Pallografiittirautojen käyttö on lisääntynyt. Aiemmin harvinainen tempervalu on Suomesta loppunut. Valimot ovat pyrkineet lisäämään jalostusastettaan ryhtymällä toimittamaan asiakkaille koneistettuja valukappaleita.

2.9.1.2 Leikkaus ja hitsaus, teräsrakenteiden valmistus, levytyöt

Teräsrakenteet liitettiin vielä 1900-luvun alkupuolella yleisesti niittaamalla. Kuvaavaa on, että opiskeluaikani harjoitustoissa suunniteltiin sekä niitattu että hitsattu paineastia, vaikka niittaus oli jo väistynyt tekniikkaa. Harjoitustyönä se toki puolusti paikkaansa menetelmien konstruktivisten vaatimusten erilaisuuden takia.

Hitsauksen ja termisen leikkauksen menetelmäkirjo on laaja. Teollisen hitsauksen juuret ulottuvat Suomessa 1900-luvun alkuvuosiin. Kaasuhitsauksesta ja kaarihitsauksesta on tietoja vuodelta 1907 ja pistehitsauksesta vuodelta 1918. Vaikka ruotsalainen Kjellberg markkinoi meilläkin hitsauspuikkojaan jo 1900-luvun alulla, jäi hitsaaminen pitkään lähinnä korjaustekniikaksi. Tuotantohitsausta alettiin Suomessa tosissaan harjoitella vasta 1930-luvulla ja se tuli 1940-luvun lopulla nopeassa kehitysvaiheessa konepajoihin, joissa teräsrakenteiden suunnittelustakaan ei aina ollut aiempaa kokemusta eikä valmiuksia. Sotakorvaustyöt vauhdittivat hitsauksen nopeaa käyttöön tuloa korkeasuhtanteeseen joutuneiden telakoiden toimiessa hitsaamisen teknisenä veturina.

Valtaosa yleisimmästä hitsausmenetelmästä, kaarihitsauksesta, tapahtui joko puikoilla tai jauhekaarella, kunnes lankahitsaus nousi valtatekniikaksi. Automaatio on hitsauksen luontainen tavoite. Termisen leikkauksen laitteistoista on tullut numeerisesti ohjattuja. Hitsauksessa on käytetty paljon mekaanista automaatiota. Edelleen yleistä jauhekaarihitsausta esimerkiksi rationalisoidaan hitsaustraktorein ja -tornein. Hitsaus myös robotoitui teollisuusrobottien kehittyessä 1980-luvun puoliväliltä alkaen. Hitsaava robotti on nykyään jokapäiväistynyt investointi.

Termiseen leikkaukseen ja hitsaukseen on tullut joukko uusia tehokkaita menetelmiä, kuten plasma- ja laser- sekä vesisuihku-leikkaus, kitkahitsaus ja laserhitsaus sekä lankahitsauksen kehittyneet menetelmät.

Levytyökoneet, levyleikkurit ja levyä taituttavat koneet sekä nykyaikaiset levytyökeskukset, tulivat käyttöön lastuavia koneita myöhemmin. Laserin sovellukset, kuten eräät muutkin ns. sädetyöstömenetelmät ovat levytöiden ja hitsauksen nykytekniikkaa. Levytyökoneiden ominaisuudet paranivat ja monipuolistuivat numeerisen ohjauksen myötä, mikä on myös helpottanut polttimien ohjausta.

2.9.1.3 Lastuava työ

Työstökone on konepajojen tuotannon sydän. Takomakoneet, kuten vasarat, kehittyivät pajoissa ja ruukeissa. Teolliseen käyttöön tarkoitetut lastuavat työstökoneet kehitettiin 1700-luvun lopulta alkaen, erityisesti 1800-luvulla, pääosin Englannissa ja Yhdysvalloissa. Samalla muotoutuivat työstökoneissa käytetyt työvälineet. Nykyisestä työstökoneiden valmistuksesta noin 70 %:a on lastuavia työstökoneita ja noin 30 %:a leikkaavia, muovaavia ja erikoistyyöstökoneita. Yleisimpiä lastuavia työstökoneita ovat sorvit, jyrsinkoneet, porakoneet ja avaruskoneet sekä numeerisen ohjaustekniikan myötä käyttöön tulleet koneistuskeskukset.

Entistä kestävämpien teräsmateriaalien käyttöön ottamisella on ollut varsinkin pikaterästen ja kovametallien osalta ratkaiseva vaikutus lastuavien työstökoneiden rakenteisiin. 1900-luvun alkupuolen lastuavan työstön valttateräsmateriaalit olivat karkaistut työkaluteräsket ja niitä huomattavasti tehokkaammat pikateräsket. Ennen toista maailmansotaa keksityt kovametallit olivat taas pikateräksiä tehokkaampia. Kovametallien läpimurto tapahtui toisen maailmansodan jälkeen. Hiomatyövälineiden lastuavina osina käytettiin, ja käytetään edelleen, alumiinioksia ja piikarbideja. Kovametallien rinnalle on tullut keraamisia teriä, cermettejä sekä ns. superkovia teriä, boorinitridejä ja timanttiteriä. Näiden käyttö on toistaiseksi jäänyt vähäiseksi ja usein erikoistapauksiin rajoittuvaksi. Sama koskee superkovien hioma-aineiden boorinitridien ja timanttien käyttöä.

Kovametalliterät paransivat lastuamisen tehokkuutta, jos käytössä ollut konekanta salli niiden käyttämisen. Teräpala juotettiin ennen kääntöterätekniikan yleistymistä terän varteen. Ensin kovametalleja sen jälkeen myös pikateräksiä alettiin pinnoittaa kulutusta kestäväillä pinnoitteilla, mikä entisestään lisäsi niiden kulutuskestävyyttä. Terien ominaisuuksiin on tullut useita sekä vähitellen tapahtuneita että portaittaisia parannuksia.

Konepajojemme metallintyöstökoneet ovat enimmäkseen ulkomaisia. Konepajateollisuuden varhaisvuosina ne tilattiin suoraan valmistavilta tehtailta useimmiten Englannista, Yhdysvalloista, Saksasta ja Ruotsista. Rautakaupat, kuten Stockmann, Helsingin Rakennusainekauppa (Rake), Renlund ja Tallberg, pitivät valikoimissaan tavallisia keveitä työstökoneita. Suomeen syntyi pian alalle erikoistuneita koneliikkeitä, joiden kautta vaativampien metallintyöstökoneiden hankinnat tehtiin. Näitä olivat mm. helsinkiläiset J.E. Cronwall (1883), Axel von Knorring (1890), Mercantile (1901), Telko (1908) sekä Turussa aloittaneet, sittemmin helsinkiläistyneet Grönbloom (1897) ja Mac'hinery (1911).

Suomi ei ole koskaan ollut merkittävä metallityöstökoneiden valmistusmaa. Poikkeustilanteissa niitä valmistettiin satunnaisesti sekä ensimmäisen että toisen maailmasotien oloissa ja toista maailmansotaa seuranneen tuonnin sääntelyn aikana. Kuriositeettina mainittakoon Paavo Nurmenkin valaneen ensimmäisen maailmansodan suhdanteen aikana turkulaisessa Ahlbergin valimossa rautasorvien ja puristimien osia.

Tämän jälkeen ala kuihtui Suomessa lähes olemattomiin. 1900-luvun lopulla markkinoille tuli muutama kapeaan sektoriin erikoistunut suomalainen sekä lastuavien että levytyökoneiden menestynyt valmistaja. Kirjoittaja on selvittänyt suomalaista metallintyöstökoneiden valmistusta ja julkaissut siitä kirjan /216/.

Numeerisen ohjauksen kehittäminen 1950-luvulla osoittautui käännteentekeväksi tapahtumaksi. Yksittäisistä työstökoneista yhdistettyjä konelinjoja alettiin kokeilla 1970-luvulla ja ne yleistyivät 1980-luvulla myös Suomessa. Numeerinen ohjaus tuli

sittemmin käyttöön myös levytyö- ja muissa konepajojen koneissa.

Nykyinen suomalainen työstökoneiden valmistus on toki tärkeä, joskin volyymeiltään pieni toimiala, jonka tuoteisto kohdistuu paljolti kapeille erikoisalueille. Lastuavien koneiden ja konejärjestelmien osalta kansainvälinen toimija on Fastems. Levytyökoneiden valmistajien joukko on suurempi, kymmenkunta yritystä (kuten Aliko, Finn-Power, Pivatic, Samesor). Hitsausalalla on omat yrityksensä, kuten Kemppi ja Wallius. Suomalaiset työstökoneiden valmistajat seuraavat tarkoin kansainvälistä kehitystä. Niiden mahdollisuudet panostaa tuotekehitykseen lähettämällä henkilöstöään ulkomaiseen tutkimustyöhön ovat kuitenkin rajalliset. Avainhenkilöt tarvitaan paljolti myyntityössä. Suomalaisen työstökoneiden valmistajien tietä alan kansainväliseen järjestöön CECIMO:on käsitellään ensimmäisessä osassa.

Työstökoneiden tuotekehityksen nykyisiä vetureita ovat autoteollisuus, ilmailuteollisuus ja puolustusvälineiteollisuus, joille sektoreille esimerkiksi kahdeksankymmentä prosenttia USA:n työstökonehankinnoista arvioidaan suuntautuvan. Perinteinen koneiteollisuus ei tähän joukkoon yllä. Se toki saa ja ottaa käyttöönsä sille sopivat uudet tekniikat, mutta ei enää ohjaa veturina kehitystä.

Työstökoneita ja konejärjestelmiä toimitetaan usein asiakkaan tarpeisiin sovituin varustein, jolloin soveltuvuus tehtäviin taataan ja käyttöönotto nopeutuu. Toisaalta kysytään myös yksinkertaistettuja työstökoneita, sillä käyttäjien tarpeet ovat perustellusti erilaisia. Kehitys kulkeekin kahta linjaa: rakenteiltaan sekä monipuolistuvat että yksinkertaistuvat työstökoneet. Huomionarvoinen totuus on, että monipuolisesta työstökoneesta maksetaan turhaan, jos sen ostaja ei osaa konettaan kunnolla käyttää. Konevalmistajat ovatkin kiinnittämässä huomiota koneen nopeaan käyttöönottamiseen ja oikeisiin käyttötapoihin.

Työkappaleen nykyistä automaattisempi kiinnittäminen on osoittautunut kovaksi päähkinäksi. Kappaleet kun ovat muodoiltaan ja kooltaan kovin erilaisia ja

pyörähdyskappaleiden sekä kotelojen kiinnityksiperiaatteet poikkeavat toisistaan. Automaattisen kiinnityksen perusta luodaan suunnittelijan pöydällä. Vain vakioimalla kiinnityskohtia on toivoa päästä eteenpäin. Automaattisia kiinnityskoneita näkee luonnoksina, mutta ei vielä juurikaan käytössä. Robotteja toki käytetään myös kappaleen käsittelyssä.

Monet standardityöstökoneet ovat muuttuneet yleiskoneiksi, joissa saa edulliseen hintaan yhdessä paketissa korkeatasoista ja monipuolista tekniikkaa. Silmiinpistävää on karojen ja pöytien liikkuminen täysin ohjattuina kaikkiin suuntiin. Automaatio on itsestään selvyys. Työstökoneilla valmis-

tettavien tuotteiden asiakasryhmät ovat perinteisen koneteollisuuden ohella auto- ja ilmailuteollisuus ja enenevästi myös lääketieteellisen sekä bio- ja nanoteknologian yritykset. Työstökoneiden kehityksessä on avautunut uusia visioita. Valmistajat ja käyttäjät pohtivat yhdessä nykyisten koneidensa mahdollisia heikkouksia, joiksi nimetään riittämätön joustavuus ja koneen ominaisuuksien liian korkea taso eli kallis hankintahinta. Vuoteen 2010 tähtäävissä selvityksissä niin USA:ssa kuin Saksassakin ennakoitaan mukautuvien eli rekonfiguroituvien työstökoneiden saavan jalansijaa. Aika näyttää, miten käy ja onko tällaisella tekniikalla suomalaisessa tuotannossa menestymisen mahdollisuuksia.

Eräs tapa kuvata valmistusteknisiä edistysaskeleita Kunzmannin mukaan on:

Aika	Automatisoinnin väline	Tyypillinen valmistusjärjestelmä
eilen (1960-2000)		Transferit
tänään (1990-2010)	Integrointi	Joustavat valmistusjärjestelmät
huomenna (2000-2040)	Itseorganisoituminen	Autonomiset tuotantosolut

Mukautuvilla työstökoneilla tavoitellaan samanaikaista kapasiteettia ja joustavuutta. Ne rakentuvat moduuleista ja niiden ohjelmointi sallii nopean kytkemisen uusiin tehtäviin. Mukautuminen tapahtuu eri tavoin, kuten vaihtamalla työkaluja, teknisiä ja kiinnitysmoduuleja tai kinemaattisia osia, kuten työstökaroja. Moduuleja voi vaihtaa, esimerkiksi sorvausosan jyräosaan, tai käyttää työhön samanaikaisesti useita samanlaisia moduuleja. Autoteollisuus on erityisen kiinnostunut rekonfiguroituvista tuotantolaitteista.

Työstökoneiden mukautuvuutta pidetään tämän hetken lupaavimpana vastauksena tarpeeseen rakentaa jatkuvasti muuttuvissa markkina- ja tuotanto-olosuhteissa työstökoneita erityisesti työkalupaleiden valmistamiseksi suursarjojen ja keski-suurten sarjojen tuotannossa. Samanaikaisesti kehitetään ns. "muutosta ajavia" tekniikoita, joilla uskotaan olevan vaikutusta tulevaan valmistukseen. Näitä ovat:

- teholastuaminen (HPC; High Performance Cutting)
- korvaavat työstömenetelmät ja valmistusmenetelmien yhdistäminen
- älykkäät työkalut
- työstökoneiden hyvä dynamiikka (HM; Hochdynamische Maschine)
- rekonfiguroituvat koneet
- osien komplettivalmistus eli yhdellä kiinnityksellä valmistus

Korostettakoon suomalaisen tuotannon olevan toisenlaista kuin autoteollisuuden tapaisen joukkotuotannon transferijärjestelmään.

2.9.1.4 Työstökoneiden numeerinen ohjaus NC

NC-yhdistyksen sääntöjen mukaan: "Numeerinen ohjaus (Numerical Control, lyhenteenä NC) on järjestelmä, johon ohjelmoidut tiedot johonkin tietovälineeseen varastoituna syötetään numeerisessa muodossa, joka automaattisesti lukee ja tulkitsee ne sekä saa ohjaamansa

koneen suorittamaan tarkoitetut liikkeet ja toiminnot”.

Numeerisesti ohjatun työstökoneen tai laitteen liikkeitä siis ohjataan automaattisesti käyttäen sovitun koodin mukaista, numeroista ja kirjaimista tai muista merkeistä koostuvia symboleja, joista ”ohjelma” muodostuu. Nimitys numeerinen kuvaa ohjelman rakennetta. Numeerisen ohjauksen tyypilliset informaatiot ovat joko matkainformaatioita, kuten koneen luistien liikkeet tai kytkentäinformaatioita, kuten karan pyörintänopeuden vaihtaminen.

Numeerisen ohjauksen kehittämisen ensimmäinen tavoite ei ollut tuotannon automatisointi. Sitä tarvittiin ”mahdottoman” tekemiseen eli niin vaikeiden lentokoneen osien työstämiseen, ettei sellaisia ollut mahdollista käsin operoiden valmistaa. Konepajojen mielenkiinto numeerista ohjaukseen kohtaan versoi yllättäen avautuneesta mahdollisuudesta automatisoida vaihtelevaa pienerätuotantoa. Numerisella ohjauksella toki myös tavoiteltiin työstökoneiden käyttöajan eli käyttösuhteen parantamista.

Numeerisessa ohjauksessa tietokone ohjaa työstökoneita. NC kuuluu tietojenkäsittelyn pioneerisovelluksiin. Tämä ei ole yleisesti tiedossa, sillä NC jäi pitkään konepajaväen pienen sisäpiirin asiaksi.

Automaattisia työstökoneita käytettiin jo 1800-luvulla. Numeerista ohjausta edelsivät laittein ohjatut automaattit. Käyrien ohella niissä käytettiin nokkia, pistokkeita, ohjelmointitauluja ja ohjelmointikortteja sekä hydraulista tai sähköistä kopiointia. Laitteiden kirjo muodostui standardien puuttuessa laajaksi. Valmistajilla oli yksilöllisiä ohjaustapoja.

Laittein ohjatut työstökoneet soveltuivat parhaiten keskisuurille valmistuserille, erään luonnehdinnan mukaan ”sadasta ylöspäin”. Numeerinen ohjaus syrjäytti ne joustavampana ja standardisoituna ohjaustapana.

Numeerisen ohjauksen kehittymisen virstanpylväitä ovat:

1949-1952	NC:tä kehitetään MIT:ssä
1952	MIT:n NC-pystyjjyrsinkone

1955	Chigagon työstökoneenäyttelyssä esitellään viisi NC-työstökoneita
1955	kehitetään automaattinen ohjelmointikieli APT
1957	NC-jiyrsinkone otetaan tuotantokäyttöön Yhdysvaltojen ilmapvoimissa
1958	koneistuskeskus Kearney & Treckeriltä
1960	saksalaisia (BRD) NC-koneita Hannoverin näyttelyssä
1962	Suomen ensimmäinen NC-työstökone otetaan käyttöön Valmetissa, Tampereella
1970	Suomessa käytössä noin 45 NC-työstökoneita
1971	CNC (suora tietokoneohjaus) pioneerejä esitellään
1980	Suomessa käytössä noin 450 NC-työstökoneita

NC:n alkuvaiheen tietovälineeksi vakiintui kahdeksanrivinen, aluksi EIA ja sittemmin ISO-koodattu reikänauha. Ohjelmointi tehtiin aluksi käsin, mm. lävistävällä Flexowriter -kirjoituskoneella. Mahdollisuus ohjelmoida tietokoneella avautui vuonna 1955 kehitetyn APT -ohjelmointikielen myötä. Sitä käyttivät kuitenkin vain harvat. Ohjelmointikieliä syntyi sittemmin runsaasti, esim. Autopit, Auto-programmer, Compact, Easyprog, Elan, Programat, Promo ja Exapt. EXAPT CAM -ohjelmisto lienee otettu Suomessa käyttöön vuonna 1986.

Suomen ensimmäinen ja toinen numeerisesti ohjattu työstökone hankittiin tekniikan pioneerivaiheessa vuonna 1962 Tampereelle Valmetin lentokonetehtaalle. Ne olivat amerikkalaisen Giddings & Lewisin valmistamia avaruskoneita.

Ensimmäisen koneen kerrotaan olleen Pohjoismaiden ensimmäinen NC-työstökone. Se sijoittui kärkitiloille myös eurooppalaisissa hankinnoissa.

Koneen välittäneen Oy Grönbloom Ab:n kirjeen mukaan:

”Pohjoismaiden ja luokassaan Euroopan ensimmäinen nauha- eli teippiohjattu aarporakone otettu käyttöön Suomessa Valmet Oy:n tehtaalla Tampereella. Suomen raskas metalliteollisuus seuraa varsin valppaasti teknillistä kehitystä. Tästä on uutena todistuksena VALMET Oy, Lentokonetehtas, Tampere, Oy Grönbloom Ab:n välityksellä hankkima amerikkalainen GIDDINGS & LEWIS aarpora, jonka liikkeet pitkittäis-, poikittäis- ja pystysuun-

nissa on ohjattu numeerisesti, s.o. reikänauhalla eli reikäteipillä. Työkappaleen kaikki koneistusvaiheet suunnitellaan valmiiksi työnesivalmistelukonttorissa ja siirretään Flexowriter-kirjoituskoneella reikänauhalle. Tämä nauha ohjaa konetta automaattisesti ja koneen käyttäjän tehtäväksi jää lähinnä työkappaleen alkupaikoitus ja työkalujen vaihto. Koneen herättämää huomiota osoittaa sekin, että ... n. 30 alan asiantuntijaa Euroopan johtavista teollisuuslaitoksista Sveitsiä, Ranskaa ja Italiaa myöten saapui Tampereelle seuraamaan koneen esittelyä. ... Tämä on ensimmäinen kerta kun Giddings & Lewis ... esitteli konettaan Yhdysvaltojen ulkopuolella.

Valmet Oy on hankkinut teippiohjatus koneen tarkkojen taloudellisten tutkimusten perusteella alentaakseen ohjelmaansa kuuluvien vetureiden, trukkien hissien jne. osien valmistuskustannuksia. Teippiohjaus soveltuu maamme oloissa tavallisen seka-valmistuksen piensarja- ja jopa yksittäis-valmistuksenkin automatisoimiseen lyhentäen m.m. suunnittelun ja valmistuksen välistä aikaa...”

2.9.2 Metalliteollisuuden tuotantoautomaation kehityksestä

Integroitujen tuotantojärjestelmien pioneerina pidetään yleisesti Molins Company Ltd:n vuosina 1965-67 esittelemää ”Molins System 24:ää”. Siinä yhdistyivät valmistajan mukaan traditionaalisen ”job-shop”-tuotannon, numeerisen ohjauksen sekä transfer- ja muiden erikoiskoneiden ajatukset. Kymmenisen vuotta aikaansa edellä ollutta järjestelmää ei sadoista esittelyistä huolimatta saatu myytyä.

Sundstrandin kehittämä ”Shuttle Car System” esiteltiin vuonna 1971. DDR:läinen Auerbachin tehdas esitteli vuoden 1972 Leipzigin kevätmessuilla ”M250/02 CNC” -järjestelmänsä, jossa oli kaksi kolmiakselista koneistuskeskusta, robotti ja mekaanisia vaihtajia. Merkittävä kehityksen virstanpylväs oli japanilainen Tsukuban koetehdas vuodelta 1983.

Joustavien valmistusjärjestelmien määrä alkoi nopeasti kasvaa Japanissa vuoden 1975 tienoilla. FMS:ien läpimurto Euroopassa ajoittui 1980-luvun alkuvuosiin. Ensimmäiset joustavat valmistusjärjes-

telmät otettiin suomalaisissa konepajoissa käyttöön 1980-luvun alkuvuosina. /213/

Autonomisesta tuotannosta alettiin kiinnostua 1980- ja 1990-luvuilla tekniikan kehittymisen sallimien mahdollisuuksien myötä. Japani oli tuolloin tuotantoautomaation, kuten miehittämättömän konepajavalmistuksen, edelläkävijä. Sitä tutkittiin leveällä rintamalla ja käynnistettiin muutamia kunnianhimoisia kokeiluja. Tekniikka ei kuitenkaan vielä sallinut taloudellisesti kannattavaa ja toimintavarmaa miehittämätöntä tuotantoa. Japanin talouden alamäki ja 1990-luvun alun matala-suhdanne hidastivat siellä alan kokeiluja.

Saksan konepajateollisuus on perinteisesti ollut perheyrittyspohjaista ja vanhoillista eikä aluksi noussut modernien ajatusten pioneerikokeilijaksi. Numeerinen ohjaus rantautui Saksan Liittotasavaltaan hitaasti verrattuna 1960-luvun kilpailijamaihinsa, myös Suomeen. Muutamat 1980-luvun joustavien valmistusjärjestelmien kokeilujen takaiskut lisäsivät varovaisuutta. 1980/90-lukujen taitteen CIM-innostus sai Saksassa huonon kaiun. Eräissä lehtiartikkeleissa CIM:iä jopa pidettiin Saksan konepajateollisuuden suurena katastrofina.

2.9.3 Kokoonpano

Kokoonpano on ollut 1980-luvulle saakka pääosin manuaalista työtä lukuun ottamatta riittävien volyymien valmistukseen mahdollisesti investoituja toistuvan sarjatuotannon kokoonpanoautomaatteja, jotka luokitellaan jäykäksi automaatioksi. Mainittakoon Turun Rautateollisuuden käyttäneiden jo 1910-luvulla Kullervo -traktorin kokoonpanossa Amerikan oppien mukaista u:n muotoista kokoonpanolinjaa. Teollisuusautomaation kehitys käynnisti myös joustavan kokoonpanoautomaation pilottikokeilut sekä tutkimuslaitoksissa että edistyksellisissä tehtaissa ja samalla vilkkaan keskustelun kokoonpanoautomaatiosta. Odotuksille on ollut tunnusomaista ylioptimistisuus, sillä jo nyt voidaan todeta monien joustavaa kokoonpanoautomaatiota koskevien ennusteiden jääneen toteutumatta. Kehitys on ollut ennakoidun suuntainen, mutta paljon sitä hitaampi, mikä toki ei suinkaan ole vain kokoonpanolle tyypillinen piirre.

Joustavan kokoonpanoautomaation edelläkävijä on ollut elektroniikkateollisuus. Tämän hetkiselälle tilanteelle ominaista näyttää olevan metallituote- ja konepajateollisuuden ja myös esimerkiksi huonekaluteollisuuden todellinen mielenkiinto joustavaa kokoonpanoautomaatiota kohtaan. Suomalaisista pilotti-installaatioista saadut kokemukset ovat monissa tapauksissa rohkaisevia. Joustava kokoonpanoautomaatio on osoittautunut sille soveltuvissa tapauksissa sekä teknisesti mahdolliseksi että samalla myös taloudellisesti kannattavaksi. Realistista on kuitenkin odottaa, ettei joustavan kokoonpanoautomaation laaja käyttö suomalaisessa konepajateollisuudessa ole lähivuosina ole nopeaa, vaan manuaalinen kokoonpano säilyy suomalaisen metalliteollisuuden kokoonpanon valtamenetelmänä. Tulevaisuuden kokoonpanojärjestelmät ovat todennäköisesti sekasysteemejä, jotka on soveltuvilta osiltaan automatisoitu joustavuudeltaan koneita ylivertaisemman ihmisen hoitaessa edelleen osan kokoonpanosta.

Kokoonpanon joustavan automaation edellytysten katsotaan yleisesti olevan toisaalta soveltuva konstruktio ja toisaalta tuoteperheen riittävä volyymi. Kokoonpantavien osien lukumäärän on oltava rajallinen, enintään 5-10. Osien koon ja painon on lisäksi oltava järjestelmän käsittelykyvyn määäämissä rajoissa. Kokoonpantavien osien valmistuslaadun on oltava automaattiseen kokoonpanoon soveltuva.

Joustavasti automatisoidun kokoonpanon on oltava, ehkä kokemuksen hankkimismielessä investoituja pilottilaitteistoja lukuun ottamatta, tavanomaisin investoinnin kriteerein mitattuna kannattavaa. Kuten yleensäkin uuden tekniikan yhteydessä, jotkut kannattavuuteen vaikuttavat asiat on vaikea mitata rahassa. Tyypillisiä esimerkkejä ovat työvoiman saatavuuden ja palkkakehityksen vaikutukset manuaalisen kokoonpanon kustannuksiin ja tuotteitten laadun hajonnan mahdollinen väheneminen.

Teollisuusrobotit sopivat hyvin kokoonpanon automatisointilaitteiksi. Joustava automaattinen kokoonpano näyttää olevan kustannusvertailuissa manuaaliseen

kokoonpanoon tai jäykästi automatisoituun kokoonpanoon verrattuna kannattavaa vasta vähintään kaksivuorokäytössä. Eri menetelmien väliset kustannuserot ovat yksivuorotyössä vähäiset. Käytettävyyys on toinen tärkeä kannattavuuteen vaikuttava tekijä. Hyvä käytettävyyys edellyttää järjestelmän luotettavaa toimintaa ja huollon nopeaa saatavuutta. Joustavien automaattisten kokoonpanojärjestelmien vikavälit ovat toistaiseksi olennaisesti lyhyemmät kuin käyttöön jo vakiintuneemmissa uusissa tekniikoissa, kuten numeerisesti ohjatuissa lastuavissa työstökoneissa ja konejärjestelmissä.

2.9.4 Työvälineet

2.9.4.1 Työkalukorvaus

Eri alojen sopimuksiin kuului, ja kuuluu joillakin aloilla edelleen, omien työvälineiden käytöstä maksettava korvaus. Metalliteollisuudessa järjestelmä toimi siten, että työntekijöille myytiin, usein yrityksen välittämänä, henkilökohtaisiksi miellettyjä työvälineitä, kuten mittoja. Tällä pyrittiin toisaalta vähentämään yrityksen tarvetta varastoida ja ylläpitää niitä ja toisaalta arveltiin kalliiden työvälineiden pysyvän paremmassa kunnossa niiden ollessa saman henkilön käytössä ja omistamat. Työkalukorvaus on jo poistunut metallialan sopimuksista.

2.9.4.2 Suomalainen työkalujen valmistus

Vanhan rakenteen mukaisissa konepajoissa oli työväline- tai työkaluosasto. Siellä paitsi valmistettiin työvälineitä, varsinkin sellaisia, joita ei valmiina voinut ostaa, myös huollettiin ja varastoitiin niitä.

Suomeen perustettiin muutamia työkalutehtaita, jotka suurelta osin osoittautuivat taloudellisiksi pettymyksiksi. Työvälineiden valmistuksen edellyttämä monipuolinen konekanta ja korkea ammattitaito murensivat katteet.

Yksilöllisesti valmistettujen työvälineiden kysyntä kasvoi nopeasti muoviosien, kuten matkapuhelimien kuorien ja vastavien, käytön lisääntyessä. Päähankkijat varmistivat työkalujen saannin joko

ylläpitämällä omaa työkalujen valmistusta tai tilaamalla työkaluja suomalaisilta sekä ulkomaisilta alihankkijoilta tai näiden vaihtoehtojen yhdistelmillä. Kaikkia näitä muotoja käytetään edelleen ja niillä on omat hyvät ja huonot puolensa. Myös strategisilla näkökohdilla saattaa olla vaikutuksia, kun avainasiat halutaan säilyttää omissa käsissä.

Suomalaista työvälineiden valmistusta moititaan korkeista hinnoista ja pitkistä toimitusajoista ulkomaisiin kilpailijoihinsa verrattuna, mikä tuntuu nousseen ikuisuuskysymykseksi työvälineiden valmistajien vuotuisilla neuvottelupäivillä.

2.9.4.3 Mittalaiteet

Suomalainen mittaamiseen ja innovatiivisten mittausvälineiden suunnittelija sekä valmistaja Hemmo Rätty antoi vahvan panoksen konepajojemme mittauskulttuurille. Hän valmisti omissa yrityksissään tarkkoja ja helppokäyttöisiä mittauslaitteita, joskin niistä lienee ollut vaikea saada tarvittavaa katetta, kun kotimarkkinatkin ovat rajalliset. Rätty omisti elämänsä mittaamiselle ja oli arvostettu Suomen ohella myös ulkomailla. Hän muisti korostaa tarkkuuden merkitystä ja opettaa oikeita mittauksia. MET osti Rättyä kuoltua hänen henkilökohtaisen mittausvälineistönsä ja lahjoitti ne AEL:n käytettäväksi.

Rätty tiesi mistä puhui. Kuvaava esimerkki hänen käytännöllisyydestään on suoja-
peitteen käyttö. Peitettäessä arat mittausvälineet käytön väliaikoina oli tärkeää panna kangas aina samoin päin, ettei yläpinnalle tullut pöly joutunut välineisiin. Tätä varten peitteeseen ommeltiin nappi, joka kertoi sen puolen tulevan aina päällepäin.

2.9.4.4 Työvälinejärjestelmät

Konventionaalisten piensarjatyöstökoneiden työvälineistöä ei ollut tarpeen ajatella automaation kannalta. Numeerinen ohjaus toi mukanaan automaattisen työkalujen vaihdon, ATC. Automaattisen vaihdettavuuden tarve pakotti kehittämään siihen ja muutenkin automaattiseen valmistukseen soveltuvaa työkalustoa.

Konepajoissa on otettu sekalaisten yksittäistyökalujen sijasta käyttöön työväline-

järjestelmiin soveltuvia työvälineitä. Työvälinejärjestelmiä sovellettiin ensin las-
tuavan työstön koneissa. Samat periaatteet omaksuttiin sittemmin muissakin valmistusmenetelmissä, kuten levytyö-
koneissa. Työvälinejärjestelmäksi määritellään sisäiseen sopimukseen perustuva valikoima yhteen sopivia työvälineitä, jotka ovat saatavilla ja joita ylläpidetään. Lapinleimun mukaan työvälinejärjestelmä

- on yrityksen johdon keino koordinoida, rationalisoida ja kehittää yrityksen toimintaa
- toimii jäsentävänä runkona, joka antaa mahdollisuuden hallita työvälineistöä
- johtaa nimikkeistön supistumiseen ja siten niihin sidotun pääoman alenemiseen
- on toimintaohje ja informaatiokanava työvälineitä käyttäville, myös tuotesuunnittelulle
- antaa mahdollisuus hankkia suurempia ostoeria myös vuosisopimuksin.

Työvälineet voidaan haluttaessa varustaa etäluettavalla tiedonkantajalla, kuten viivakoodilla tai mikrosirulla. Näin tiedetään, mikä työväline on kysymyksessä ja mikä on sen tila, kuten jo käytetty ja jäljellä oleva kesto aika.

2.9.5 Sähkö- ja elektroniikkatyöt, putkityöt

1960-luvun koneiden sähkötyöt ja putkitukset olivat nykyiseen verrattuna vähäisiä. Sähkötoille riitti tavallisesti pieni versta, josta käsin kokoonpanijoiden paikoilleen kiinnittämät moottorit, rajakatkaisijat ja vastaavat komponentit johdotettiin. Sama koski paineilma- ja hydraulikkaputkituksia. Sähköisen ja hydraulisen työn lisääntyminen on vaatinut lisää panostuksia tälle alueelle.

2.9.6 Tuotteiden pakkaus ja lähetys

Tuotteet toimitetaan asiakkaille pakattuina. Pakkausten hinnan ja kasvaneiden ympäristövaatimusten, jopa pakkauksen palautusvelvoitteen, takia pakkaamiseen on alettu kiinnittää sen ansaitsemaa huomiota. Pakkaustyöt ulkoistetaan nykyään usein.

2.10 Ekokonepaja

Metalli- ja konepajateollisuudessa on ollut kolme merkittävää murrosta:

- höyryvoima
1700/1800-lukujen taitteessa
- sähkövoima
1800/1900-lukujen taitteessa
- tietovoima
1950-luvulta alkaen

Kuormittuva ympäristö ja sen saastuttamisen vähentämisen mahdollisuudet ovat nousseet maailmanlaajuisesti keskeiseksi teemaksi. Ekoajattelusta saattaa jopa tulla metalli- ja konepajateollisuuden neljäs murros.

Elinkaariajattelu ennakoi myös tuotteen hävittämisen ja romutusvaiheen hyötykäytön, mitä ei aiemmin ole juurikaan välitetty pohtia. Kierrätyksen huomioon ottamisesta konstruktiovaiheessa alkoi ilmetä merkkejä 1980-luvun alussa, jolloin mm. keskusteltiin autojen materiaali- valinnoista kierrätyksen kannalta esimerkiksi muovit/metallit.

Valmistuksen apuaineet aiheuttavat monenlaista päänsäädä. Niiden käyttöolosuhteita voi parantaa karsimalla vaarallisia aineita ja vähentämällä niiden käyttöä, suljetuilla kierroilla, päästöjen imemisellä ja suodattamisella, työtiloja kapseloimalla, käyttämällä tehokkaampia tai vaihtoehtoisia apuaineita ja huolellisella ylläpidolla.

Lastuamisnesteet ovat tavanomaisen koneistuksen kannalta ympäristöteknisesti hankalia apuaineita. Ne voitelevat terän ja työkappaleen kosketusta, niillä jäähdytetään terää sekä työkappaletta ja niillä huuhdellaan pois lastuja. Monet lastuamismenetelmät on suunniteltu nesteitä käyttäviksi. Lastuamisnesteet kuitenkin aiheuttavat monenlaista ympäristön kuormittumista ja jopa vahinkoja. Niiden käyttökustannuksia ovat mm. nesteiden hankintahinta sekä laitteisto- ja hävityskustannukset. Ne myös likaavat työstettäviä kappaleita, joiden puhtaudella on oma arvonsa.

Kuivana lastuaminen on lastuamista ilman nestettä. Se on noussut mielenkiintoiseksi tutkimuskohteeksi. Nesteiden säästävä

käyttö, eli miniminesteinen lastuaminen, on tavanomaisen runsaan huuhtonnan ja kuivana lastuamisen välimuoto. Se on suositeltava porras tiellä kuivaan lastuamiseen, joka ei toteudu yhdessä yössä. Nesteen sijasta voidaan käyttää kaasua, kuten paineilmaa. Jos nesteitä on käytettävä, voi niiden määriin ja käyttöikiin vaikuttaa. Nesteiden olisi oltava pitkäikäisiä ja varsinkin keskitetyissä järjestelmissä niitä on huolella ylläpidettävä. Konepajojen kierrätyskysymykset ovat toisaalta konstruktivisia valintoja ja toisaalta hukkamateriaalin taloudellista edelleen käyttämistä hävittämisen sijasta.

2.11 Ammattiyhdistykset

Ammattiyhdistykset valvovat työntekijöiden yhteenliittymänä työntekijäetujansa. Työväenliike alkoi Suomessa 1880-luvulla sosiaalikonsernatiivisena wrightiläisyytenä, jolla ei vielä ollut taisteltavain tavoitteita. 1880-luvun lopulla Helsingin Työväenyhdistyksen alaosastoksi perustettiin konetehtaalain eli Mekaaninen ammattiosasto. Samanaikaisesti työväenyhdistysten kanssa perustettiin ensimmäiset ammattiyhdistykset, kuten Helsingin Läksi-, Pelti- ja Vaskiseppien Ammattiyhdistys. Suomen Metallityöntekijäin (sittemmin Metallityöväen) Liitto perustettiin vuonna 1906. Vasta itsenäistyneen Suomen 1920-luku oli työmarkkinoiden osalta epävakain aikaa, minkä ilmentymänä oli vuosien 1927-28 metallialan työsulku. Pian sen päätyttyä maan talouselämä syöksyi raskaaseen lamaan ja 1930-luvun lopulla kahteen peräkkäiseen sotaan, joita seurasi maksettavaksi langenneiden sotakorvausten toimittaminen. Ammattiyhdistysliike käytti niitä myös etujen tavoittelukeinona.

1960-luku ja 1970-luvun alku olivat Suomen Metallityöväen Liitossa sekavaa aikaa työväenliikkeen sisäisten valta-yrkimysten kurimuksessa. Järjestystä alkoi syntyä, kun Sulo Penttilä valittiin Metalliliiton puheenjohtajaksi syrjäytetyn Onni Närvasen tilalle vuonna 1967. Penttilän kausi jatkui vuoteen 1983. Hän nosti rikkiäisen liiton eheytyneeksi ja varakkaaksi mahtijärjestöksi. Penttilää seurasivat Pehr-Erik Lundh, Erkki Vuoremaa ja nykyinen puheenjohtaja Riku Aalto.

Metalliliiton riitaisuus juontui eri ryhmien keskinäisistä kiistoista. Liitto oli vuosina 1961-67 Työväen ja Pienviljelijäin Sosiaalidemokraattisen Liiton kannattajien ohjauksessa. Ammatillisen yhteenkuuluvuuden todetaan olleen usein vahvempaa kuin poliittisen, eikä laaja jäsenkunta aina edes ollut perillä kulloisenkin riidan aiheesta. TPSL syrjäytyi SAK:n johdosta vuonna 1966. Samankaltainen operaatio tapahtui seuraavana vuonna Metalliliitossa. Alkanut eheytyminen ajoittui teollisuuden voimakkaan kasvun vaiheeseen. Metalliliittoa pidettiin ns. tasapainoliittona, jossa vahvana vähemmistönä oli stalinistiryhmäksi kutsuttu joukko. SDP:n ja SKP:n poliittisen kamppailu varasti leijonanosan Metalliliiton vuosien 1961-1983 historiasta. Se tuntui kaikessa: työmarkkinaneuvotteluissa, vaaleissa, kokouksissa, äänestyksissä ja keskusteluissa halliten ilmapiiriä liiton toimistossa, piirijärjestöissä, osastoissa ja työpaikoilla. Vuonna 1971 metalliala ajautui seitsenviikkoiseen lakkoon. /224/

Yhtenäisen SAK:n vuonna 1969 synnyttyä kauppa- ja teollisuusministeri Väinö Leskisellä oli painavaa sanottavaa Metalliliiton 70-vuotisjuhlassa, kun hän totesi valtion keskittyneen teollisuuspolitiikkaan pääomavaltaiten uusien perusteollisuuksien luomiseen tarkoittaen Rautaruukkia, Outokumpua ja useita muita samanaikaisia hankkeita. Puheenjohtaja Penttilän mielestä tämä oli ymmärrettävä oikein myös ammattiyhdistysliikkeen eheyttämisessä. Sekä tuotantorakenteet että ammattiyhdistysliike olivat murroksessa.

2.12 Messuja ja näyttelyitä

Uutta tekniikkaa peilataan alan näyttelyissä - aluksi valtavissa maailmannäyttelyissä ja myöhemmin toimialoittaisilla messuilla. Suomalaiset ovat kautta aikojen olleet ahkeria messukävijöitä. Leipzigin työstökonemessut päättyivät toiseen maailmansotaan jatkuen DDR-läisinä näyttelyinä.

Sodan jälkeisen Euroopan merkittäviä työstökonemessukaupunkeja ovat Leipzigin läntinen perillinen Hannover, Birmingham, Bryssel, Milano, Pariisi ja useat läntisen Saksan kaupungit. Kahden vuoden syklillä järjestettävä EMO (Exposition Mondiale de la Machine Outil;

aiemmin vuorotellen Hannover - Milano - Pariisi, nyt enää Hannover - Milano) on noussut työstökonenäyttelyjen kärkeen. Merentakaisia messuja ovat mm. Chigagon ja Tokion näyttelyt.



Kuva 2.3 EMO-näyttely avautui Hannoverissa poikkeuksellisissa merkeissä Chigagon tornien sortumisen jälkeisenä päivänä, mistä johtuen messualueen liput ovat puolitangossa. Monet amerikkalaiset joutuivat jäämään lentojen peruunnuttua pois näyttelystä. Metallin matkan iskuryhmänä kirjoittaja, Saksalais-suomalaisen kauppakamarin Pirkko Partanen ja MET:n Kati Törrönen messujen informaatiokeskuksen edessä.

2.13 Ammattilehtiä

Nykyisen Metallitekniikka -lehden edeltäjä alkoi ilmestyä vuonna 1947. Sittemmin MET:n kustantaman ja Insinöörilehdet Oy/Talentum Oy:n julkaiseman Konepajamies-lehden sisältö koostui 1980-luvulle saakka konepaja- ja metalliteollisuuden tekniikoita ja toimintatapoja käsittelevistä artikkeleista. Konepajamies oli ainoa tasokas konepajatekninen aikakauslehti, jonka sisältöä pidettiin lukijoille hyödyllisinä. Ilmoitusmyynti ja levikki osoittivat kuitenkin hiipumisen merkkejä. Julkaisija päätti uudistaa lehteä. Sen nimeksi tuli Metallitekniikka ja sisältö suunnattiin yleistekniseksi.

Metallityöläisten ensimmäinen lehti oli v. 1899 perustettu ja jo vuonna 1901 lopetettu Ilmarinen. Vuonna 1909 perustettiin vuoteen 1930 saakka ilmestynyt Metallityöläinen -lehti. Ahjoa ryhdyttiin julkaisemaan 1949. Vuoden 2009 TEAM-äänestyksen tulos merkinnee Ahjon loppua ja uutta jäsenlehteä. Konepajamies-Metallitekniikan ottamista Metallityöväen-

liiton jäsentilauslehdiksi liiton jäsenlehti Ahjon rinnalle on pidetty hyvänä ajatuksena. Hanke ei kuitenkaan toteutunut.

2.14 Konepaja-alan yhdistyksiä

Suomessa suositaan yhdistyksiä. Rekisteröityjen yhdistysten ohella toimii epävirallisempia tiettyjen alojen kerhoja ja klubeja. Yhdistystoiminta tarjosi ennen television ja yleisen kiireen aikaa sekä yhdessäoloa että ammatillista asiaa. Aktiivisesti toimivilla yhdistyksillä on edelleen runsaasti hyviä tilaisuuksia ja koulutustoimintaa. Jäsenten nykyinen osallistuminen sen sijaan jättää monesti toivomisen varaa.

Konepaja-alan ja sen lähialojen yhdistyksiä ovat (listaus ei pyri täyteen kattavuuteen):

Suomen Konepajainsinööriyhdistys ry - Verkstadsingeniörsföreningen i Finland rf; www.skiy.fi; johtavassa asemassa olevien konepajainsinöörien perinteikäs yhdistys
Konepajamiehet ry; www.konepajamiehet.org;
Konepajojen toimihenkilöiden aatteellinen yhdistys; pääyhdistys ja alaosastoja konepajapaikkakunnilla
Suomen Valimotekninen Yhdistys SVY ry; www.svy.fi; yhdistää valimotekniikasta kiinnostuneita ja edistää valunkäyttöä, julkaisee Valimoviesti -lehteä
Suomen Hitsausteknillinen Yhdistys ry - Finlands Svetstekniska Förening rf; www.shy-hitsaus.net; pääyhdistys ja ala-osastoja konepajapaikkakunnilla, julkaisee Hitsaustekniikka-lehteä
Suomen Laatu yhdistys ry; www.sly.fi; läheisessä suhteessa Suomen Laatu keskus Oy sekä Excellence Finland Consulting ja Excellence Finland Training -yhtiöihin. Jakaa Suomen Lautupalkintoa.
Suomen Robotiikkayhdistys ry; www.roboyhd.fi; robotiikan ammattilaisten yhdistys; julkaisee jäsenlehteä
NC-Yhdistys ry; fuusioitu Konepajamiehet ry; hyn.
CAD/CAM-yhdistys ry; www.cadcamyhdistys.fi; julkaisee Valokynä-lehteä
Suomen Tribologia yhdistys ry; www.tribology.fi; painoalana voitelu, kuluminen ja kitka; julkaisee Tribologia Finnish Journal of Tribology -lehteä
Sotataloudellinen Seura ry Kriegsekonomska Förbundet rf; sotatalouskoulutettujen ja siitä kiinnostuneiden henkilöiden yhdistys, julkaisee Sotataloutta -kirjasarjaa
Suomen Tuotannonohjausyhdistys STO ry; www.sto-ry.com; tuotannon- ja materiaalinohjaukseen keskittyvä yhdistys, julkaisee jäsenlehteä
Vuorimiesyhdistys Bergmannaföreningen ry; www.vuorimiesyhdistys.fi; julkaisee Materia -lehteä

2.15 Konepajahistorioita

Suomalaiset konepajat arvostavat usein historiaansa julkaisuina. Niiden määrä on ollut kasvussa johtuen toki siitäkin, että yhä useammilla konepajoilla alkaa olla muisteltavaa. Yrityshistorioista saa mainion läpileikkauksen alasta ja sen kehittymisestä. Kirjoittaja on poiminut historioita konepajateollisuuden bibliografiaan /220/.

3 Muistumia, kirjallisuus, liitteet

3.1 Muistumia

Matkan varrella on sattunut kaikenlaista. Seuraavaan on otettu joitain muistumia, jotka eivät olisi olleet kotonaan aiemmissa luvuissa.

Kokoelma konepajatekniikan tekijöiden ja näkijöiden merkintöjä on Suomen Konepajainsinööriyhdistyksen kirjassa Konepajainsinöörien tähtihetket /251/.



Industrie Anzeiger -lehden piirtäjän näkemys kirjoittajasta

Asuin karsintakurssien ja ensimmäisen opiskeluvuoden ajan teekkareille huonetta vuokraavan leskirouva Koivusen kookkaassa asunnossa Oksasenkadulla. En aavistanut, että myöhemmin minusta tulisi Yrjö ja Senja Koivusen säätiön hallituksen jäsen ja puheenjohtaja. Säätiön apurahojen kohderyhmään kuuluvat myös konepajatekniikan opiskelijat.

TKK:n opiskeluaikainen teollisuustalouden assistenttimme, sittemmin näyttävän teollisuusuran tehnyt Hannu Vapaamies, oli kiireinen. Täysi salillinen odotti epävarmana tuleeko hän lainkaan paikalle. Tunnin myöhässä hän tuli ja kirjoitti taululle kaksi sanaa: terve järki ja kustannukset. Veti vielä viivat ympärille ja kehoittaen niitä

miettimään poistui saman tien. Saattoi olla paras eväs, jonka opiskelusta sain.

Professori Torsti Verkkolan polttomoottorien luennot olivat mainio katsaus yleiseen koneensuunnitteluun - harvasta niitä kuunnelleesta odotettiin polttomoottori-spesialisteja. Verkkola kertoi käytännön asioita, kuten kumihansikasteorian. Jos kumihansikas on täynnä öljyä ja sormiin pistetään neulalla reikä, suihkuu öljyä jokaisesta reiästä. Jos taas yksi sormi leikataan kokonaan poikki, tulee kaikki öljy siitä eikä mitään pienistä aukoista.

Viilusorvin pituussuunnassa liikkuvien kaksoiskarojen kiinnileikkautumisten selvittelystä tuli diplomityöni aihe. Vaurioiden uskottiin johtuvan väärästä lämpökäsittelystä. Suoritin kaikenlaisia lämpökäsitte-

lykokeita. Sitten muistin yhtäkkiä kumihan-sikasjutun ja aloin laskeskella öljyn virtausteiden välyksiä. Huomasin heti, että vauriokohtiin tuskin meni lainkaan öljyä, joka karkasi jo aiemmin suurista välyksistä. Karat siis liukuivat kuivina. Vauriot loppuivat öljyn tuloaukkoa reilusti suurentamalla.

Rauteen oli tilattu tsekkiläinen raskas Skoda-avarruskone. Sen luovutusaika läheni, kun radiouutiset kertoivat eräänä aamuna Neuvostoliiton miehitysoffensiivista. Skoda vetosi yllättävään esteeseen ja pyysi toimitukselle aikalisää, mikä toki oli ymmärrettävää. Matkustin Prahan kautta Pilseniin heti kun se oli mahdollista. Maahan ei vielä tuolloin päästetty kuin painavin syin, jollaiseksi koneen tehtaalla tapahtuva vastaanotto luokiteltiin.

Prahassa oli pahan näköistä. Hajalle ammuttuja rakennuksia esiteltiin avoimesti ja neuvostotankit ajelivat pääkadulla. Tiekyyltit osoittivat mikä mihinkin. Tehtaan kaikkien asiantuntijoiden passit oli otettu säilöön eikä heitä päästetty ulkomaisille työkomennuksille. Rauhoittuihan sekin tilanne ja työt saatiin tehdyksi.

Kohtasin vastaavaa seuraavan kerran ajaessamme vuonna 2003 teekkarien kanssa Kroatian läpi Unkarista Triesteen. Rikki ammutut talot olivat korjaamatta ja tien vierustoilla miinavaroitushauhat. Jäi menemättä oja syvemmälle metsään tarpeille.

Saman Skoda-avarruskoneen numeerisesta ohjausyksiköstä alkoi palaa transistoreja. Sen ranskalainen valmistaja oli lopettanut numerian valmistuksen ja ilmoitti kylmästi, ettei vastaa huollosta. Eivätkä tsekkikään. Onneksi ohjauksesta oli kytkentäkaaviot ja Rauteen kuuluva automatiikkaosasto kykeni ihmeekseni huoltotyön tekemään. Kaappiin vaihdettiin tuhatkunta transistoria. Niiden käyttöiästä ei hankintavaiheessa kukaan puhunut mitään, mutta asiantuntijat tiesivät sen lyhyeksi. Helpotus oli suuri, kun kone käynnistyi halutulla tavoin.

Suomen Teknillinen Seura pyysi minut 1970-luvun alkuvuosina Dipoliin kertomaan teekkareille, millaista insinöörin työ on konepajassa. Sali oli aivan täysi ja kuulijat vihamielisen oloisia. Koin edustavani väärää ajatusmaailmaa. Yritykset ja niiden palveluksessa olevat näyttivät olevan kaiken

pahan pesä. Kohtasin ensimmäisen kerran tällaisen ilmapiirin. Ajelin kotiin varsin mielteliäänä.

Mittavien Neuvostoliiton toimitusten yhteydessä oli tapana, että tilaaja lähetti toimittavalle tehtaalle tarkastajan. Osalleni tuli useita. Erään kanssa oli helppoa. Tarkastaja oli kotoisin aroilta ja souteli mielellään Vesijärvellä. Hänen käyttöönsä annettiin vene, mikä helpotti tarkastuksia. Toinen tarkastaja taas oli kiusallisen pikkutarkka, jopa selvissä asioissa. Joskus teki mieli sanoa suomeksi jotain poikkipuolista, minkä ehdottomasti kielsin ja varoin puheitan itsekin tarkoin. Testailimme miehen mahdollista suomen kielen taitoa myös vapaa-aikana, kuten saunottaessa. Jopa tulkit olivat sitä mieltä, ettei suomen kieli tarkastajalta suju. Hyvin mies pokkansa piti, sillä pestin päätyttyä kotiin lähtiessään hän sanoi asemalaiturilla hyvällä suomen kielellä "minä muuten olen Karjalan poikia". Ristin käteni kyynärpäitä myöten, ettemme olleet mitään lipsauttaneet.

MET:n tekninen komitea päätti teettää konepajoillemme kovasti tuputettujen neuvostoliittolaisten ja läntisten kovametalliterien vertailun. Kokeet tehtiin O.E. Huhtamon aikana TKK:ssa. Tulosta ei rohjetta julkaista.

Puhelimeni soi sunnuntaiaamuna kahdelta. Soittaja oli Joensuun vaneritehtaan isännöitsijä, joka kertoi viilusorvin teräkelkan ajeton kiinni ja sitä liikuttavien kartiohammaspyörien rikkoutuneen.

Kysyin pyörien tiedot ja riensin tehtaalle. Löysin varastosta pyöräparin, mistä olin ilahtunut. Uusien pyörien koneistaminen, hammastaminen ja karkaisu olisivat vieneet pitkään. Pakkasin pyörät taksiin ja pyysin ajamaan suoraan Joensuun vaneritehtaan portille. Menin takaisin nukkumaan tyytyväisenä hyvin hoidetusta työstä. Maanantaiaamuna neuvos pyysi luokseen. Huomasin heti, ettei hän ihan tosissaan ollut sanoessaan, että minut pitää erottaa. Virheeni oli väärä taksin valinta. Olisi pitänyt älytä tilata autoja niin kauan ja maksaa niitä pois kunnes vuoroon olisi tullut Mersu. Silloisten vapaiden nopeuksien aikana se olisi isännöitsijän mielestä selviytynyt matkasta nopeammin kuin ajoon tullut Popeda. Ja siitä piti reklamoida kuulemma torven täydeltä.

Olin ostamassa Rauteen jysinkonetta. Loppusuoralle jäi kaksi tasavahvaa ehdokasta, japanilainen ja tsekkikone. Molempien myyjät halusivat kaupan ja tulivat hinnassa mukavasti vastaan. Onnistuin mielestäni tinkimään hyvin ja päädyin viimeisen puristuksen jälkeen toiseen merkkiin. Hain luvan hankintaan neuvokselta, jolla oli ilmeisen hyvä päivä. Hän kysyi tilanteen selvitettyäni, eikö kahdellekin koneelle olisi käyttöä. Vastasin tietysti myöntävästi ja ostin molemmat puristettuani vielä kakkoseksi jääneen hinnasta sopivasti pois. Myyjät olivat tahoillaan iloisia voitostaan ja tuskin vieläkään tietävät kummankin saaneen "saman" kaupan.

Vaneritehtaassa oli syötetty kiirastorstaina viilujen jätehakkuriin rautakanki, joka oli rikkonut hakkurin halkaisijaltaan noin metrisen teräkutterin laakerit. Kutteri oli noussut ilmaan suojusten läpi ja pudonnut takaisin alas tehden koneessa pahaa jälkeä. Tehdas oli nopeasti hukkumassa hakkaamattomaan viilujätteeseen. Romu kuljettiin pikavauhtia Lahteen ohjeena panna se kuntoon niin kuin olisi jo. Merkittävää asiakasta oli palveltava. Aloin haalia korjausmiehistöä pääsiäisen vapailtaan. Muut löytyivät, mutta sorvaria ei, joten oli pakko sorvata itse tarvittavat kappaleet. Työ kävi hitaasti, mutta tuli tehdyksi. Mainittaville urakka-ansioille en olisi yltänyt.

Rauteen tuli vieraaksi kiinalainen ministeritason delegaatio jo paljon ennen kuin Kiina oli noussut nykyisenlaisen kiinnostuksen kohteeksi. Kiinan lipun hankkiminen salkoon nostettavaksi oli vaikeaa. Lahden Hiihtoseuralta lainattiin usein lippuja, mutta sielläkään ei Kiinan lippua ollut. Liput tilattiin pikatoimituksena lipputehtaasta. Seurueelle tarjottiin lounas Lahden Seura-huoneen kabinetissa. Kiinalaisilla oli ulkoi-selta asultaan yhtenäinen puku. Lounaalla ilmeni, että eroja kuitenkin oli. Ministerillä oli hienoin silkki vuori ja muulla seurueella aseman mukaiset halvemmat vuorikankaat.

Sain tehtäväksi suunnitella uusi valimo sijaintipaikkana joku vielä määrittelemätön silloisen kehitysalueen kunta. Diskreetitkin tunnustelut paljastivat hankkeen ja puhe-limeni alkoi soida. Kutsuja sateli tutus-tumaan, saunomaan, syömään ja juomaan

milloin mihinkin kuntaan. Kesä olisi mennyt mukavasti reissatessa ja herroiksi eläessä. Pysyin tietenkin kotona.

Kätevät työntekijät tekivät tietysti omia töitä eli "firaabelejä", joiden laatu ja laajuus saattoi aiheuttaa kateutta ja kanteluja. Konesahan käytetyistä teristä esimerkiksi tuli mainioita keittiöveitsiä. Pullapellit olivat toinen suosittu askare. Omien töiden kirjo oli laaja.

Vapaasti rehottavalle toimeliaisuudelle päätettiin tehdä ohjeistus. Edelleen myytäväksi ei mitään saanut tehdä. Suotavaa ei ollut tehdä tavaroita, jotka ovat helposti ostettavissa, kuten saunankiukaat ja savustus-laatikot. Työnjohtajan luvalla sallitaan itse tehdyt esineet, joiden hankkiminen olisi mahdotonta tai hankalaa. Näiden suhteen linjaus oli ymmärtäväinen. Jos tekemisessä tarvitaan kaveriapua, sitäkin sai erityiseen PR-työnumeroon kirjattuna. Materiaalista perittiin nimellinen korvaus sen mukaan löytyikö se romuista vai otettiin se varastosta. Tavarahan sai portista laillisesti ulos lupalapulla. Käytäntö toimi hyvin.

Avarruskoneissa on ontto pylväs, jonka kyljessä kulkee pystysuoraan liikkuva karalaatikko. Sen vastapaino on pilarin sisällä. Erään avarruskoneen karalaatikon ja vastapainon välinen vaijeri katkesi. Vastapainon pudotessa pylvään pohjalle kuului paitsi tömähdyks myös kilinää. Otettaessa pylväs paikoiltaan paljastui tyhjien pullojen varasto, etiketeistä päätellen pitemmältä ajalta. Ilta- ja yövuorojen aikana tyhjentyneet pullot oli kätkeytyä pukkaamalla ne pylvään kyljen sopivankokoisesta reijästä koneen sisuksiin. Kätkön paljastuminen koettiin sen verran hilpeäksi asiaksi, ettei kummempia kärejiin ryhdytty, vaikka suhtautuminen työmaajuopotteluun muuten oli tiukka.

Kohensimme valimon peseytymismahdollisuuksia rakentamalla hyvä 20 hengen sauna. Se tietysti piti vihkiä. Ensilyölyissä olivat rakentajat, työnantajan edustajat ja luottamusmiehet. Rakennusinsinööri oli vanhan kansan miehenä kova saunoja, joten löylykilpailuhan siitä tuli. Oli tiukka paikka kärvistellä lauteilla, kunnes pääluottamusmies joutui hellittämään. Hänen jälkeensä oli kyllä heti pakko lähteä löylystä.

Neuvostoliiton toimitus oli jälleen kerran ajallisesti veitsen terällä ja juhannus tulossa. Sovin tarvittaessa reipasotteisen pakkausryhmämme kanssa paitsi korotusta palkasta myös juhannussaunasta ruokineen ja juomineen, jos toimitus lähtisi ennen pyhiä. Haaste hyväksyttiin ja lähetys onnistui talkoohengessä. Tähän keinoon ei vain voinut kovin usein turvautua.

Suurehko tehdastoimitus oli loppusuoralla. Toimitussakkojen määräytymisperuste oli koko tehtaan toimivuus, joten sakko olisi ollut mittava. Koekäyttöä valmisteltaessa todettiin viilunkuivauskoneen päähöyryventtiilin puuttuvan. Asiaa selvitettäessä ilmeni, että oma väki luuli toimitusrajalla olevan venttiilin kuuluvan putkistoalihankkijalle, joka puolestaan käsitti meidän hankkivan sen. Venttiilin toimitusaika oli viikkoja, mikä olisi ollut katastrofi. Tilaa jousti ja salli asennettavaksi käytettynä ostetun venttiilin, joka vaihdettaisiin uuteen seuraavan kesäseisokin aikana. Näin siitäkin selvittiin.

Korostin myöhemmin luennoillani tätä esimerkkinä käyttäen toimitusrajan määrittämisen tärkeyttä. Rajaviivaa ei pidä piirtää venttiilin keskeltä, kuten oli tehty, vaan rajaten venttiili selkeästi tiettyyn toimitukseen kuuluvaksi.

Sotivat joukot kuluttavat materiaalia, jota niille organisoivat siihen tehtävään koulutetut. Kuulun reservin sotatalouskoulutettaviin, mistä seurasi säännöllisiä kertausharjoituksia. Eräässä harjoituksessa sain johdettavakseni toimiston alaisenani vänrikki. Unet jäivät reilun viikon "sodan" aikana vähiin, kun toimeksiantoja kaikenlaisen materiaalin etsimiseksi ja valmisttamiseksi sateli. Harjoituksen eräs tavoite lienee ollut testata väsytetyn upseerin toimintakykyä.

Loppupalaverissa minulta kysyttiin, mitä nyt pitäisi tehdä. Ilmoitin lähettäväni vänrikin jakamaan sotaponnistuksien hyväksi kaikkensa tehneille teollisuuslaitoksille ja työntekijöille kunniamerkkejä. Esitystä pidettiin muuten hyvänä, mutta siinä oli kaksi virhettä. Ensinnäkin kunniamerkit jaetaan etulinjojen juoksuhaudoissa taistelleille eikä minnekään linjojen taakse ja toiseksi ne jakaa kenraali eikä vänrikki.

Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu hankki professoreille, HP-taskulaskimet,

joiden ominaisuuksiin kuului enemmän kuin pelkät peruslaskutavat. Koneet olivat kalliita, muistaakseni jotain 1 500 mk luokkaa laskimelta. Turvallisuussyistä ne oli kiinnitetty vajerilla pöytiin. Laskimien hinnan kehitystä kuvaa, että kun niissä alkoi esiintyä korjaustarvetta, oli halvempi ostaa uusi.

Matkustaminen ja puhelimen käyttö olivat korkeakoulu-urani alkuvaiheissa naurettavan säännösteltyjä. Otaniemeen tultuani kesti puoli vuotta saada "sihteerikytkentä" puhelimeeni, kun "sellaisia ei ollut vapaana ja kytkeminenkin maksaa". Minua tavoiteltiin kiireellisessä asiassa keskuksesta. Kun en vastannut alanumerooni, soittaja kysyi, miten ja mistä minut voisi tavoittaa. Keskus oli kerrotun mukaan vastannut: "En tiedä, minä vain olen täällä". Kuulin yhteydenoton koskeneen erästä ammatinkin kannalta merkittävää hallituspaikkaa, joka meni sivu suun, kun tarvittavaa suositustani ei saatu.

Koneinsinööriosasto teki aloitteen kauko-puhelujen estolaitteiden poistamisesta professorien puhelimista. Hallintojohtaja vastasi kirjallisesti, ettei se ole tarpeen, koska Helsingin alueelle pääsee vapaasti eikä pidemmälle ole pääkaupunkiseudun keskeisen sijainnin perusteella tarpeen asioidakaan ja ettei muissa korkeakouluissa vapaata puhelu-oikeutta ollut. Se ei ollut totta, sillä olin itse aiemmin soittanut sekä Tampereelta että Oulusta kollegojen puhelimista suoraan laboratoriooni Helsinkiin. Asia jäi silloin siihen, mutta korjautui toki myöhemmin.

Rocla Oy:n 1980-luvun omistajatoimitusjohtaja, MET:n vaikuttajiinkin lukeutunut Klaus Stigzelius, oli vauhdikas henkilö. Keskustelimme hänen kanssaan vihivaunutekniikasta, josta hän innostui valtavasti ja arveli niistä tulevan Roclan uusi tärkeä tuote. Valvoin Roclan prototyypisarjan vihivaunun soveltamista Koneen Nostin-tehtaalle koskevan diplomityönkin. Metalliteollisuus ei kuitenkaan vihivaunuille lämmennyt - ne osoittautuivat mm. FMS-käytössä korkeavarastoja hitaammiksi ja tilaa vieviksi ratkaisuksi. Vihivaunuihin panostanut Rocla löysi kuitenkin tuotteilleen käyttäjiä mm. paperirullien kuljetuksissa.

Olimme kollega Lapinleimun kanssa Tallin-
nassa esitelmöimässä modernista valmis-
tustekniikasta. Seminaaripaikka oli sikä-
läinen insinööritalo. Salin ainoalla kuvien
näyttämiseen soveltuvalla seinällä riippui
Leninin kuva. Pyysin ottamaan sen tieltä
pois. Vasta pitkän empimisen jälkeen joku
uskalikko ryhtyi asialle.

Seminaarin päätyttyä sikäläisen teknillisen
korkeakoulun professorikuntaan kuuluva
opettaja sanoi: "Mukava näistä on kuulla,
kun niitä vain joskus näkisi". Opeti siinä
sitten moderdia tekniikkaa.

Minulla oli hiukan ennen muurin murtumista
esitelmä seminaarissa Karl-Marx-Stadtissa,
nykyisessä Chemnitzissä. Lensin Inter-
flugilla Schönefeldtin kentälle Itä-Berliiniin,
jossa kukaan ei ollut kiinnostunut passistani
saati leimannut sitä. Yövyin hotellissa ja
jatkoin seminaarikaupunkiin junalla. Ilmoit-
tautuessani siellä hotelliin ja esitettyäni
passini nousi hirveä häly. Huudettiin poliisia
hätiin ja minut uhattiin panna vankeuteen
laittoman maahantulon takia. Kerroin tulo-
kuvioni ja pyysin soittamaan Interflugille ja
Berliinin hotelliin. Parin tunnin kuluttua sain
marmatusten saattelemana takaisin passini,
johon oli taannehtivasti leimattu kaikki
Karl-Marx-Stadtissa vielä tarpeellisina pide-
tyt leimat.

Paluupäiväni oli sunnuntai. Hotellin ala-
kerrassa oli suuri esittelytila, jonka ovella
oli satojen metrien kuusi rinnan jono. BMW:n
automallisto oli ensi kerran siellä
esiteltävänä ja kaikki kävijät saivat esit-
teen. Myös läntisen Saksan puolueiden
teltoissa kaupungin keskusaukiolla riitti
uteliaita - nekin olivat jotain ennen näke-
mätöntä. Jäi sellainen tunne, että DDR on
pian historiaa, kuten olikin. Karl-Marx-
Stadt:kin sai takaisin perinteisen nimensä.

Kulttuurien välistä eroa kuvannee tapaus
RWTH Aachenista, jossa laboratoriomme
opiskelijoita on usein opiskellut. Osallis-
tuessani AWK-seminaariin olin sopinut siellä
olevan opiskelijamme kanssa tapaamisen
laboratorion pihan olutteltassa. Häneltä oli
heti erottuamme udeltu, miten voi olla
mahdollista, että professori ja opiskelija
istuvat yhdessä oluella. Saksassa profes-
sorin ja opiskelijan välillä kun on useita
hierarkiatasoja.

Avustin MET:n messumatkoja. Eräs matka-
lainen halusi tuoda kotiin kaksi maaoravaa.

Ilmoitimme matkanjärjestäjien puolesta,
ettei hanke ole luvallinen ja että emme
halua siitä mitään tietää. Onneksemme jo
valitut oravat karkasivat niitä myyvän
tavaratalon sokkeloihin, eikä tikutakuja
saatu matkaan.

Vieraiden maiden muonitusta kohtaan
esiintyi joskus epäluuloja. Eräskin kone-
pajan omistaja eli viikon mukaansa otta-
milla savustetulla lampaanpotkalla ja
pontikkapullolla. Ulkomaan ruokiin hän ei
halunnut koskea.

Japanilaisia guruja tuotettiin Suomeen
esitelmöimään. Hajime Yamashina vieraili
taas kerran Helsingissä ja jouduin illan
isännäksi. Pohdittaessa minne mennään
kaivoi ruotsalainen vieras - esitelmöitsijä
häinkin - taskustaan lapun, jossa luki joten-
kin tulkittavasti silloin naistentansseistaan
tunnettu ravintola "Vanha Maestro". Hän
kertoi saaneensa vinkin maanmiehiltään,
jotka olivat paikkaa kehuneet. Sain
muitakin ravintoloita olevan, mutta ruotsa-
laispainostuksen alaisina suuntasimme
Maestroon. Länsinaapuri oli kuin kala
vedessä. Japanilaisvieraalle paikka oli
järkytys. Ruoka oli mitä oli. Kahvivaiheessa
hän tilasi teetä, jota ei ravintolassa ollut,
mutta lähdettiin jostain noutamaan. Teen
hankkiminen kesti kauan ja kun se lopulta
tarjottiin, totesi Yamashina yksikantaan,
ettei juoma mitään teetä ole. Pieleen siis
meni. Vielä suurempi järkytys hänelle oli,
että naiset hakivat tanssimaan ja häntäkin
viettiin. Professori palasi kuitenkin jo yhden
kappaleen jälkeen hiljaisena poikana pöy-
tään mitä ilmeisimmin jätettyään daamin
lattialle seisomaan. Ilta kuitenkin eteni ja
yöpuulle päästiin. Tulimme molemmat
aamulla hyvissä ajoin seminaaripaikalle.
Kysyin kuinka oli nukuttu ja oliko ilta ollut
hauska. Vastauksena sain aasialainen
hymyn, josta ei juuri tolkkua saanut.

Arno Saraste kehitteli mielellään isku-
sanoja, kuten AHAA - alas henkiset ase-
tusajat. Sattuvimpiin oivalluksiin kuului
tehtaan tuotantovirtakaavion ääressä
esitetty toteamus: "Sisään menee input ja
ulos tulee output. Siinä välissä on tempu ja
jos ne eivät tepsä, tulee lempu". Sattuva oli
myös hänen yritysten organisaatiotasojen
runsautta kritisoiva esimerkkinsä maail-
manlaajuudesta, vain kolmella tasolla

toimivasta organisaatiosta. Se on katolisen kirkon paavi-piispa-pappi.

Värikäs ja alaisiaan kohtaan kuulemani perusteella joskus kiusallisen vaativainen Saraste piti minua kanssansa jotenkin tasa-arvoisena. Saimme konsultoinneistamme mielestäni kohtuullisia tuloksia. Meillä oli myös hauskaa yhdessä, sekä konepajateknisiä kysymyksiä pohtiessamme, että varsinkin tarinoinnin liukuessa Sarasten sota- ja sotakorvausajan kokemuksiin. Hän kertoi, että tullessaan ensimmäiseen työpaikkaansa yrityksen konttoripäällikkö ensimmäisen ja ainoan kerran opasti nuorta insinööriä sanoen: "Tuo tehdas kuluttaa kaiken, minkä me täällä konttorissa vaivalla ansaitsemme".

Hymähtelin taannoin kuullessani jonkun minulle silloin vielä tuntemattoman pohjalaisen yrittäjän alkaneen valmistaa levytykeskuksia. Nähtyäni ensimmäisen koneen livenä Pariisin näyttelyssä, totesin sen kelpoiseksi ja sekä yksinkertaisten että komplisoitujen kilpailijoittensa väliseen markkinarakoon mainiosti sijoittuvaksi. Surin kuitenkin mielessäni hukkaan tuomittuja panostuksia, sillä isoisten kanssa kilpailu tuntui mahdottomalta ajatukselta. Sieltä yritys vain ponnisti alansa eturiviin. Osansa menestystaipaleen alkukiitoon oli seurassani Pariisin näyttelyssä ollut Wärtsilän teknillinen johtaja, joka uskoi yritykseen sekä koneeseen ja osti ykköskappaleen. Olin virhearvioineni todella mielelläni väärässä.

Saimme Otaniemeen Rauten ajan hyvien kokemusten perusteella valitun neuvostoliittolaisen kärkisorvin. Näiden sorvien laatu oli kuitenkin pettänyt. Karalaatikon eräskin hammaspyöräakseli oli pari millimetriä heitollinen. Reklamoituani asiasta Koneistolle paikalle tuli venäjää puhuva insinööri ilmeisesti selittäen, ettei se nyt suuria merkitse. Laboratoriomestariimme käytti koko kielitaitonsa ja kuittasi asian sanomalla "sinä hutoin insinööri". Korjailimme sorvin itse jonkinmoiseen kuntoon.

Ekskursioiden rennosta meiningistä huolimatta ei kummempia hankaluuksia sattunut, varmaan senkin takia, että nykynuorilla on jo matkustuskokemusta - paljon kaikenlaista kumminkin. Beaunessa tutustuimme viinikellareihin. Eräs teekkari peh-

meni sen verran turneella, että hänet saatettiin huoneeseen lepäämään. Jossain vaiheessa kaverit olivat vaihtaneet huoneiden ruuveilla kiinnitettyjä numerokylttejä. Yöllä hotelliin majoittui tyylikkään oloinen iäkkäämpi aviopari, joka sai avaimen vastaanotosta. Sillä yritettiin mennä oikeaksi luultuun huoneeseen, mutta ovi ei auennut. Nukkuva teekkari heräsi rapisteluun ja arvellen huoneoverinsa kotiutuvan avasi oven ilkosillaan. Aviopari pani kokolailla pahakseen kepposen selvitessä. Minutkin herätettiin hätiin. Onneksi kuitenkin yöportieri oli opiskelija, jota asia huvitti eikä hän tehnyt siitä suurempaa numeroa, ja pääsimme kauniilla anteeksipyynnöllä.

Saimme TKK:ssa monien vaiheiden jälkeen kokoon rahoituksen ruotsista tilattavan suurnopeuskoneistuskeskuksen hankintaan. Koneen toimitusaika oli pitkä. Selvittelin valuuttamääräisen hinnan terminointia, minkä olisin yrityksen palveluksessa ollessani todennäköisesti tehnyt. Valtiolla se vain ei ollut mitenkään yksinkertaista – ei hän valtio koneitaankaan vakuuttanut. Toimitushetken lähestyessä aloin pelätä pahaa. Ahon hallitus ja Suomen Pankki kiistivät tavan mukaan devalvaation mahdollisuuden. Aloin kuitenkin kiirehtiä kaikin keinoin tulossa olevaa toimitusta. Kone saatiinkin Ruotsissa etuajassa rekan lavalle ja meille päivä ennen 14 %:n devalvaatiota. Rahaa devalvaation aiheuttamaan noin 140 000 silloisen markan hinnanlisäykseen ei olisi ollut.

Autoin Tekniikan museon konepajatekniikan pysyvän näyttelyn rakentamisessa. Vanhoihin konepajalavastuksiin tarvittiin pikaterästerin koneistettuja lastuja, joita oli vaikea löytää. Teimme tarkoitusta varten laboratoriossa lastuja, jotka ripottelin "professorin pätevyydellä" koneille.

Hankin tietysti Konepajatekniikan laboratorioon uutta kirjallisuutta, myös pari silloin uuden leanin perusteesta. Suuren kysynnän takia kirjan painokset myytiin loppuun hetkessä. Eräs maineikas konsultti kysyi minulta ovatko kirjat tuttuja ja voisinko lainata niitä hänelle, kun kaupasta ei saa. Sanoin kirjojen olevan käsikirjastossamme, josta niitä ei lainata, mutta lukea voi. Konsultti istui kiltisti vaatimattomassa kirjastossamme kirjoja lukemassa.

Vastaanotolleni tuli naisopiskelija keskus-telemaan diplomityöstä. Häntä kiinnosti eräs Puolustusvoimien tekninen aihe. Sanoin siellä asetettavan etusijalle reservin upseeri, mihin tyttö sanoi reservin vänrikki kyllä olevansa. Eipä tullut mieleeni sitä ennalta kysyä.

Valmistustekniikan kerho VTK huomioi eläkkeelle siirtymiseni viemällä minut ennalta varoittelematta tutustumaan "eläkeläiselle sopiviin harrastuksiin". Ensin minut saatettiin pelaamaan hedelmäpeliä ja bingoa, minkä jälkeen suuntasimme Vermon raveihin. Onni ei enemmälti potkinut, joten eläkepalkkaan ei lisiä saatu. Hauskaa toki oli.



Kuva 3.1 TKK:n Konepajatekniikan laboratorion edustalle sijoitetun, suomalaista valmistetta olevan epäkeskopuristimen eräällä ruuvilla on taipumus ruostua, joten puristin huolletaan Vapun aattona asiaankuuluvien menoin ja puhdistusainein. Kuvassa VTK-seniorit Jouni Hakola, Katja Gaggl ja Eero Leskinen sekä kirjoittaja.

3.2 Kirjallisuus

Olen viitannut kirjallisuusluettelon paisumisen välttämiseksi tekstissä säästeliäästi omiin julkaisuihini. Esittämieni asioiden taustoja löytyy myös liitteen 2 kirjallisuuden listauksesta.

3.2.1 Osa 1

- /101/ Aaltonen, J., 2008, Konepajasta kuoriutuu elektroniikkatehdas. Helsingin Sanomat Talous 11.8.2008, s. B 6
- /102/ Andersson, P. H., 2008, Tuotantokonseptien evoluutio – matkalla digitaalivalmistukseen. Julkaisussa Konepajamiehet ry Tampereen paikallisosasto 50 vuotta. 2008. 4 s.
- /103/ Deutsch-Finnischer Handel, 2007, Saksalais-yritykset palaavat Saksaan. Deutsch-Finnischer Handel 2007:4, s. 36...37
- /104/ Ekdahl, E., 2008, Suomi uudelleen kaivosmaaksi kiinailmion myötä. Esitelmä Teknillistieteellisen tutkimuksen palkintojen, apurahojen

ja avustusten jakotilaisuudessa Säätytalolla 13.03.2008

- /105/ Hellman, H., VATT:n tutkimusjohtaja: Pätkätoiden yleistymisen on pelkkä tilastoharha. Helsingin sanomat 09.03.2008 s. A3 ja D4
- /106/ Hellström, H. af, 2007, Sähköpostikirjeenvaihto
- /107/ Hernesniemi, H. (toim.), 2007, Menestyvä alihankkija 2015. Visio ja toimenpiteet. Teknoliateollisuus ry. 159 s.
- /108/ Huhta, P., Sjöblom, G., Kauppinen V., 1999, Konepajojen ympäristöhallinta. Teknillisen korkeakoulun Konepajatekniikan laboratorion julkaisuja TKK-KPT-2. Espoo 1999. 86 s. + liitteitä
- /109/ Häkkinen, K., 2008, Managerial approach to subcontract manufacture co-operation in the metal industry. Common Agenda as a management tool between parties (väitöskirja, TKK). VTT Publications 676, 2008. 131 s. + liitteitä
- /110/ Karikorpi, M. (toim.), Kone- ja metallituoteteollisuus 2020 Loppuraportti. Teknoliateollisuus 2008 32 s.
- /111/ Kauppinen, V., 1970, Eräs kääntöpalojen sovellutus avarrustyövälineissä. Konepajamies 23(1970):3 s. 129...130

- /112/ *Kauppinen, V.*, 1977, Valmistusosastojen ja tuotesuunnittelun yhteistoiminta sekatuotanto-konepajassa, osa I Konepajamies 30(1977):1-2, s. 35...42, osa II Konepajamies 30(1977):3 s. 29...34
- /113/ *Kauppinen, V.*, 1978, Valmistuksen ja tuotesuunnittelun yhteistyön organisointi. Suomen Metalliteollisuuden Keskusliitto, Tekninen tiedotus 3/78. 45 s.
- /114/ *Kauppinen, V.*, 1981, Kokoonpano - kannattava kehityskohde (virkaanastujaisesitys). Konepajamies 34(1981):3 s. 1...25
- /115/ *Kauppinen, V.*, 1981, Tietokone mullistaa suunnittelun, Konepajat muutosten edessä. Kauppalehti 17.03.1981 s. 8
- /116/ *Kauppinen, V.*, 1981, Liit odotukset voivat tukahduttaa laatupiirit. Kauppalehti 20.07.1981
- /117/ *Kauppinen, V.*, 1982, Modernia konekantaa käytetään tehottomasti. Kauppalehti 06.10.1982 s. 8
- /118/ *Kauppinen, V.*, 1983, Tehkää vain tarpeellista, varastot kiertämään. Kauppalehti 12.04.1983 s. 20
- /119/ *Kauppinen, V.*, 1983, Siistikää tehtaanne. Kauppalehti 27.04.1983 s. 11
- /120/ *Kauppinen, V.*, 1983, Tuotteistoon sopeutettu valmistus. Konepajamies 36(1983):12 s. 27...29
- /121/ *Kauppinen, V.*, 1984, Kokoonpanotyön tasonkorotus. Konepajamies 38(1985):12 s. 20...21
- /122/ *Kauppinen, V.*, 1986, Koneistuskeskukset ja joustavat valmistusjärjestelmät - varhaiskehitys ja käyttöönotto Suomessa. TKK, Koneinsinööriosasto, Konepajatekniikan laboratorio, julkaisu KPT 2/86. 57 s.
- /123/ *Kauppinen, V.*, 1986, Pääseekö CIM:iin mukaan pienellä rahalla? Konepajamies 39(1986):10 s. 21
- /124/ *Kauppinen, V.*, 1987, Älä jätä kokoonpanoa oman onnensa nojaan. Konepajamies 40(1987):6 s. 42...45
- /125/ *Kauppinen, V.*, 1987, Tavoitteellinen ryhmätyö konepajoissa. MET tekninen tiedotus 6/87, Metalliteollisuuden Keskusliitto 1987. 41 s.
- /126/ *Kauppinen, V.*, 1991, Alihankintayhteistyö - juhlapuheita vai todellisuutta. Konepajamies 44(1991):7-8 s. 28...30
- /127/ *Kauppinen, V.*, 1992, Niksivihoista simultaani-suunnitteluun. Konepajamies 45(1992):5 s. 32...33
- /128/ *Kauppinen, V.*, 1992, Cermet-terät käyttöön Euroopassakin. Konepajamies 45(1992):3 s. 16...17
- /129/ *Kauppinen, V.*, 1993, Lean-toiminnalla kustannusrakenteiden kimppeun. Konepajamies 46(1993):3 s. 50...51
- /130/ *Kauppinen, V.*, 1997, Konepajat ja ympäristö. Luku EE Konepajan tuotantotekniikan kirjasarjan osassa: Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät. WSOY 1997 s. 71...78.
- /131/ *Kauppinen, V.*, 1999, Huvennutta menetelmäosaamista etsimässä. Metalliteknikka 52(1999):1 s. 38...39
- /132/ *Kauppinen, V.*, 2003, Suurnopeusjyrsintä. Teknologiateollisuus ry, Tekninen tiedotus nro 07/2003. 32 s.
- /133/ *Kauppinen, V.*, 2003, Niititöntä niittausta - TOX 25 vuotta. Ohutlevy 2/2003 s. 46...47
- /134/ *Kere, T.*, 1969, Ryhmäteknologian seminaari Torinossa 7.-13.9.1969. Konepajamies 1970:2, s. 59...74
- /135/ *Kevätsalo, K.*, 2007, Skandinavian malli ei päde työtaisteluihin. Metalliteknikka 60(2007):11 s. 8...10
- /136/ *Korhonen-Yrjänheikki, K.*, 2006, Yhteistyössä teknillisen korkeakoulutuksen kansallinen strategia – Raportti Aulangon työseminaarista 29.-30.11.2006 62 s
- /137/ *Kortelainen, K.*, 2008, Fastems on hyvässä raossa. Metalliteknikka 61(2008):9 s. 26...29
- /138/ *Kuisma, V. M.*, 2007. Joustavan konepaja-automaation käyttöönoton onnistumisen edellytykset (väitöskirja TKK). VTT Publications 655, 228 s. + liitteitä.
- /139/ *Lapinleimu, I.*, 1972, Järjestelmät konepajojen työvälinepolitiikassa. Konepajamies 25(1972):9 s. 403...412
- /140/ *Lapinleimu, I.*, 1982, Konepaja-automaatio - sen tilat ja trendit. Konepajamies 35(1982):10 s. 6...18
- /141/ *Lapinleimu, I.*, 2001, Ideal Factory. Theory of Factory Planning, Produceability and Ideality. Tampereen teknillinen korkeakoulu, julkaisuja 328, 2001 195 s.
- /142/ *Lilius, A-L.*, 2007, Metalli pelkää Nokia-ilmiötä. Talouselämä 42/2007, s. 36...42
- /143/ *Linnoinen, J. ja Siukosaari, A. (toim.)*, 2000, Katto pois! - 40 vuotta suomalaisena ajoneuvoteollisuudessa. Turun Sanomat 2000. 226 s.
- /144/ *Liukko, T., Martola, H., Pirinen, A., Pohjala, P., Soukka, T., Väänänen, I., Kauppinen, V.*, 1991, CIM konepajoissa. TKK, Konepajatekniikan laboratorio, julkaisu KPT 2/91. 113 s.
- /145/ *Lumijärvi, O-P. (toim.)*, 2007, Huipulla Miten yrityksen menestysytälö ratkaistaan? WSOYpro, Helsinki 2007. 261 s.
- /146/ *Luukkanen, A.*, 2008, Projekti Putin Uuden Venäjän historiaa 1996-2008. WSOY 2008. 284 s.
- /147/ *Murto, E., Niemelä, M., Laamanen, T.*, 2007, Altavastaajasta ykköskenttään - Suomen teknologiapolitiikan ja sen toimintaorganisaatioiden kehitysvaiheita 1960-luvulta nykypäivään. Kauppa- ja teollisuusministeriö, Helsinki 2007.
- /148/ *Niemelä, R., Kauppinen, V.*, 1997, Ekouhka on metallin mahdollisuus. Metalliteknikka 50(1997):5 s. 54...55
- /149/ *Pajamäki, O.*, 2006, Ahne sukupolvi Suurten ikäluokkien perintö. Ajatus Kirjat 2006. 166 s. + liitteitä
- /150/ *Paro, J., Kauppinen, V.*, 1999, Lastuamisarvojen ja konepajojen menetelmäsuunnittelun Benchmarking-tutkimus. Teknillisen korkeakoulun Konepajatekniikan laboratorion julkaisuja TKK-KPT-2. Espoo 1998. 42 s + liitteitä.
- /151/ *Pulkkinen, P.*, 2007, Vuokrataanpa taitaja Puolasta. Työntekijöistä on Suomessa kova pula. Osaajien hankkiminen Puolasta ja Slovakiasta on monelle yritykselle ainoa vaihtoehto. Helsingin Sanomat Talous 9.12.2007, s. E1
- /152/ *Pellinen, P.*, 2008, Teknologia-Suomen syntyhistoria. TEK-Tekniikan Akateemiset 2/2008 s. 30...31
- /153/ *Raivio, J.*, 2008, Hyvästi suomalainen lentokone Ilmailuteollisuuden tulevaisuus on kapeilla erikoisaloilla ja alihankinnassa. Helsingin Sanomat, Talous, 2.3.2008, s. E3...E4
- /154/ *Rantalainen, J.*, Väittelijä (V. M. Kuisma) löysi fms:stä inhimillisen tekijän. Metalliteknikka 61(2008):3 s. 35

- /155/ *Rantanen, M.*, 2008, Metallimies pelkää globalisaatiota ja haluaa ammatillista koulutusta. Helsingin Sanomat 07.02.2008. s. A 1
- /156/ *Sihvola, J.*, 2008, Tieni vaikuttajaksi. Esitys Professoriliiton Suomen professorit tilaisuudessa 07.03.2008
- /157/ *Shingo, S.*, 1983, seminaaripohjia
- /158/ -, 2008, Shokit korostavat yritysten roolia. Tekniikka & Talous 07.03.2008 s. 3
- /159/ SHY FSF 1949-1999 Suomen Hitsausteknillinen Yhdistys r.y. Finlands Svtstekniska Förening r.f. Lahti 1999. 352 s.
- /160/ *Suomen Metalliteollisuuden Keskusliitto*, tiekartta
- /161/ *Suomen Metalliteollisuusyhdistys* 1960, jäsenyritysten valmisteiden kuvitettu luettelo (edeltäjiin vuosilta 1949 ja 1955), Helsinki 1960, 270 s.
- /162/ *Särkikoski, T.*, 2007, Sitra Tulevaisuus tehtävänä. Edita 2007 365 s.
- /163/ Tekes, 2008, Ihminen - talous - ympäristö. Valinnat tulevaisuuden rakentamiseksi. Tekes 2008, 60 s.
- /164/ Teknillisen korkeakoulutuksen kansallinen yhteistyöryhmä, 2008, Teknillisen korkeakoulutuksen kansallinen strategia: Yhteistyössä tekniikasta hyvinvointia. Tekniikan Akateemisten Liitto TEK, 2008. 46 s.
- /165/ *Yamashina, H.*, 1983 seminaaripohjia 1983, mm: Parempaan businekseen uudella tuotantofilosofialla seminaarit 12.-13.04.1983 ja 22.04.1983
- /166/ *Ylikoski, M.*, 2007, Tuottavuus edellyttää hyvinvointia työssä. Helsingin sanomat, Sunnuntai-debatti 23.12.2007 s. D7
- ### 3.2.2 Osa 2
- /201/ *Björklund, N.*, 1983, Kakkosmies, Otava 1983. 248 s.
- /202/ *Burbidge, J.L.*, 1975, The Introduction of Group Technology, London 1975. 267 s.
- /203/ *Engman, Max*, 2004, Pietarinsuomalaiset, WSOY 2004, 641 s.
- /204/ *Engman, Max*, 2005, Suureen itään. Suomalaiset Venäjällä ja Aasiassa. Suomalaisen siirtolaisuuden historia 5. 512 s.
- /205/ *Gallager, C.C.*, 1973, Knight, W.A., 1973, Group Technology. Butterworth & Co Ltd 1973. 228 s.
- /206/ *Hall, R.W.*, 1983, Zero Inventories. American Production & Inventory Control Society. Dow Jones-Irwin. Homewood, Illinois 1983. 329 s.
- /207/ *Harki, I.*, 1971, Sotakorvausten aika. Gummerus 1971. 357 s.
- /208/ *Herlin, N.*, 2003, Ruukin avain 400 vuotta suomalaista metalli- ja elektroniikkateollisuutta. Teknologiateollisuus ry, Tampere 2003, 207 s.
- /209/ *Huhtamo, O.E.*, 1968, Ryhmäteknologiasta. Konepajamies 1968: 6-7, s. 286...289.
- /210/ *Jaikumar, R.*, 1988, From Filing and Fitting to Flexible Manufacturing: A Study in the Evolution of Process Control. Harvard Business School, Division of Research, Working paper. 91 s.
- /211/ -, 1989, JIT-Production Just In Time. 2 nd edition. Kone Corporation, Hyvinkää 1989. 107 s.
- /212/ *Kauppinen, V.*, 1975, Yksinkertaista koneistettavien kappaleiden esiasetus- ja vaihtopöytätekniikkaa. Konepajamies 28(1975):2 s. 49...51
- /213/ *Kauppinen, V.*, 1986, Koneistuskeskukset ja joustavat valmistusjärjestelmät - varhaiskehitys ja käyttöönotto Suomessa. TKK, Koneinsinööriosaasto, Konepajatekniikan laboratorio, julkaisu KPT 2/86. 57 s.
- /214/ *Kauppinen, V.*, 1989, Mekaanisen teknologian ja konepajatekniikan opetuksen vaiheet Teknillisessä korkeakoulussa ja sen edeltäjien aikana. TKK, Konepajatekniikan osasto, Konepajatekniikan laboratorio, julkaisu KPT 2/89. 41 s.
- /215/ *Kauppinen, V.*, 1999, Teknologia tieteksi. Konepajamies 42(1999):9 s. 50
- /216/ *Kauppinen, V.*, 1991, Metalliteollisuuden lastuvaien työstökoneiden valmistus Suomessa, Katsaus ja johtopäätöksiä. Suomen Teknillinen Seura STS ry Korkeakouluinsinöörien ja Arkkitehtien Keskusliitto KAL ry. Painomerkki Oy, Helsinki 1991. 159 s.
- /217/ *Kauppinen, V.*, 1993, Lean-toiminnalla kustannusrakenteiden kimppuun. Konepajamies 46(1993):3 s. 50...51
- /218/ *Kauppinen, V.*, 1995, Aseistautuminen konepajatekniikan veturina. Metalliteknikka 48(1995):9 s. 36...37
- /219/ *Kauppinen, V.*, 1997, Metalliteollisuus Suomen talouselämässä. Luku MI Konepajan tuotantotekniikan kirjasarjan osassa: Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät. WSOY 1997 s. 24...36.
- /220/ *Kauppinen, V.*, 2001, Bibliografia: Suomalainen metalliteollisuus. Teknillisen korkeakoulun Konepajatekniikan laboratorion julkaisuja TKK-KPT-7/2001. 46 s.
- /221/ *Kauppinen, V.*, 2003, The First World War - a Gateway for Finnish Machine Tool Exports to Russia. Presented in XXX Symposium of the International Committee for the History of Technology ICOHTEC 2003 August 21st-26th, 2003 St Petersburg-Moscow, Russia 9 p. Abstract in the seminar proceedings pp. 71...72
- /222/ *Kauppinen, V.*, 2003, Ovatko innovaatiot sotateollisuuden lapsia? Luku kirjassa: Studia Generalia 2003. Mikä on oikein? Helsingin yliopiston Vapaan sivistystyön toimikunta. Kevät 2003. s. 23...30
- /223/ *Kauppinen, V.*, 2004, Johann Beckmann - mekaanisen teknologian tietäjä. Tekniikan Waiheita 22(2004):1 s. 29...3.
- /224/ *Ketola, E.*, 2007, Suomen Metallityöväen Liitto 1961-1983. Otava 2007. 752 s.
- /225/ *Kone Oy*, 1989, JIT-Production Just In Time. 2 nd edition. Kone Corporation, Hyvinkää 1989. 107 s.
- /226/ *MET*, 1988, Konepajatekniikan tutkimus ja opetus korkeakouluissa ja VTT:ssä. Metalliteollisuuden keskusliitto, 1988. 17 s.
- /227/ *Olesten, N.*, 1970, Numerical control. Wiley-Interscience, New York 1970. 646 s.
- /228/ *Otonkoski, P.-L.*, 2006, Letuista lentokoneisiin Isäni Hugo Emil Timosen tarina. Gummerus 2006, 255 s.
- /229/ *Michelsen, K.-E.*, 1993, Valtio, teknologia, tutkimus. VTT ja kansallisen tutkimusjärjestelmän synty. Painatuskeskus Oy, 1993. 429 s.
- /230/ *Michelsen, K.-E.*, 1999, Viides sääty Insinöörit suomalaisessa yhteiskunnassa. Helsinki 1999. 407 s.
- /231/ *Nironen, J.*, 2003, Suomalainen Pietari kuvina. Suomalaisen Kirjallisuuden Seura, Suomen Pietarin instituutin julkaisuja, Helsinki 2003. 185 s.

- /232/ *Nykänen, P.*, 2005, Telan ympäri. Vuosisata suomalaista paperikone- ja paperinvalmistustekniikkaa. Gummerus, 2005. 316 s.
- /233/ *Nykänen, P.*, 2007, Kortteli sataman laidalla Suomen Teknillinen korkeakoulu 1908 - 1941, WSOY 2007, 350 s.
- /234/ *Nykänen, P.*, 2007, Otaniemen yhdyskunta Teknillinen korkeakoulu 1942 - 2008, WSOY 2007, 398 s.
- /235/ *Pekkanen, K.*, 1982, Työstökoneiden numeerinen ohjaus. NC-yhdistyksen julkaisu n:o 2. Helsinki 1982. 144 s.
- /236/ *Ranson, G.M.*, 1972, Group Technology. A foundation to better total company operation. Mc Graw Hill, London 1972. 150 s.
- /237/ *Ranson, G.M.*, 1974, Ryhmäteknologian taloudellisuus. Konepajamies 1974:5-6, s. 37...40
- /238/ *Schonberger, R.J.*, 1982, Japanese Manufacturing Techniques. Nine Hidden Lessons in Simplicity. The Free Press. New York and London 1982. 260 s.
- /239/ *Schonberger, R.J.*, 1986, World class manufacturing. The lesson of simplicity applied. The Free Press. New York and London 1986. 252 s.
- /240/ *Shingo, S.*, 1985, A Revolution in Manufacturing: The SMED System. Productivity Press, USA 1985. 361 s.
- /241/ SHY FSF 1949-1999 Suomen Hitsausteknillinen Yhdistys r.y. Finlands Svtstekniska Förening r.f. Lahti 1999. 352 s.
- /242/ *Simon, W.*, 1963, Die numerische Steuerung von Werkzeugmaschinen. Carl Hanser Verlag, München 1963. 336 s. Kirjasta on otettu useita myöhempiä painoksia.
- /243/ *Spur, G.*, 1991, Vom Wandel der industriellen Welt durch Werkzeugmaschinen. Eine kulturgeschichtliche Betrachtung der Fertigungstechnik. Hanser 1991, 628 s.
- /244/ *Spur, G.*, Federspiel, R., ym., 2003, Produktionstechnische Forschung in Deutschland 1933-1945, Hanser 2003 462 s. (saksalaisen tutkimuskentän ja oppitulojen yksityiskohtainen kuvaus)
- /245/ *Spur, G.*, 2004, Vom Faustkeil zum digitalen Produkt. Ein kulturgeschichtlicher Beitrag zur Entwicklung der berliner Produktionswissenschaft. Hanser 2004. 857 s.
- /246/ Suomen Konepajainsinööriyhdistys r.y. - Verkstadsingeniörsföreningen i Finland r.f. 1917 - 1942, 335 s. (Sisältää mm. Karl Ekmanin historiikin: Finlands mekaniska industri genom hundra år ja Verkstadsingeniörsföreningen i Finland under tjugofem år)
- /247/ Suomen Konepajainsinööriyhdistys r.y. - Verkstadsingeniörsföreningen i Finland r.f. 1942 - 1956, 77 s.
- /248/ Suomen Konepajainsinööriyhdistys r.y. - Verkstadsingeniörsföreningen i Finland r.f. 1917 - 1967, 133 s.
- /249/ Suomen Konepajainsinööriyhdistyksen juhlaulkaisu 17.12.1987 Festpublikation utgiven av Verkstads-ingeniörsföreningen i Finland den 17.12.1987, 88 s. (Koostuu insinööri Ragnar Nyblinin leikkimielisistä piirustuksista)
- /250/ Suomen Konepajainsinööriyhdistys r.y. 1917 - 1992 Verkstadsingeniörsföreningen i Finland r.f., 1992 87 s.
- /251/ Suomen Konepajainsinööriyhdistys r.y. 1917 - 2002 Verkstadsingeniörsföreningen i Finland r.f., Konepajainsinöörien tähtihetket. 171 s. (Sisältää useita konepajainsinöörien muistelmakirjoituksia)
- /252/ Suomen Metalliteollisuuden Keskusliitto, 1974, Työkappaleita kuvaava luokittelujärjestelmä. MET Tekninen tiedotus 1/74. 183 s. (suomalainen saksalaiseen WZL-järjestelmään perustuva RT-koodi)
- /253/ *Teknologiateollisuus ry*, Vuosikirja 2006, Tilastot 2005. (vuosittain ilmestyvä kirja, aiemmin MET vuosikirja)
- /254/ Tillander-Godenhielm, U., 2009, Fabergé ja hänen suomalaiset mestarinsa. 1 800 kappaleen numeroitu laitos. Tammi 2009. 415 s.
- /255/ *Wuolle, B.*, 1949 Suomen teknillinen korkeakouluopetus 1849-1949. Suomen Teknillinen Korkeakoulu. 680 s.

Liitteet

Liite 1 Kirjoittajasta

Syntymäaika: 01.03.1941, Lahti

Tutkinnot:

1966 Diplomi-insinööri, Teknillinen korkeakoulu, konetekniikka
 1976 Tekniikan lisensiaatti, Teknillinen korkeakoulu, konetekniikka

Päätoimet:

1965 – 1977 Puunjalostuskoneita ja tehdaskoneistoja maailmanlaajuisesti valmistava Lahden Rautateollisuus Oy (nyk. Raute Oyj) työn teknillisen suunnittelun esimies, työsuunnittelupäällikkö, tuotantopäällikkö, materiaalipäällikkö ja investointi- sekä yrityssuunnittelu- ja tuotantotekninen asiantuntija.
 1977 - 1980 Lahden Rautateollisuus Oy sivutoiminen asiantuntija edellä mainituissa tehtävissä.
 1977 - 1978 Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu, mekaanisen teknologian va. professori.
 1978 - 1980 Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu, mekaanisen teknologian professori.
 1981 - 2006 Teknillinen korkeakoulu, konepajatekniikan professori

Muita tehtäviä ja jäsenyyksiä:

Konsulttitoimisto Kauppinen ja Krons Oy, toimitusjohtaja
 SKS Group/SKS Automaatio Oy ja SKS Mekaniikka Oy, hallitusten jäsen (-2009)
 Suomen Metalliteollisuuden Keskusliitto (nyk. Teknologiateollisuus ry), useita asiantuntija-tehtäviä
 Jäsenyyksiä komiteoissa ja tutkimusprojektien johtoryhmissä (mm. MET, VTT)
 Yrjö ja Senja Koivusen säätiö, hallituksen puheenjohtaja ja jäsen
 Metallitekniikka (aiemmin Konepajamies) -lehden toimitusneuvosto, jäsen
 Konepajamiehet ry, puheenjohtaja, sittemmin kunniapuheenjohtaja
 Suomen Konepajainsinööriyhdistys ry, varapuheenjohtaja, sittemmin kunniajäsen
 Suomen Hitsausteknillinen Yhdistys ry, jäsen
 Teknisten Tieteiden Akatemia, jäsen
 Päijät-Hämeen Tutkimusseura, työjäsen
 Lahden Diplomi-insinöörit ja arkkitehdit DIARY ry, puheenjohtaja, sittemmin kunniajäsen
 Valmistustekniikan Kerho VTK, kunniajäsen

Sotilasarvo: insinöörikapteeni

Kunniamerkit: SVR R I; STS:n jetoni; AEL:n kultainen ansiomerkki; Tekniikan Historian Seuran kultainen plaketti

Liite 2 Julkaisut ja valvotut diplomi-työt

Julkaisut

- 1966
- /1/ Tutkimus teräksen pintarakenteen vaikutuksesta pinnan kitka- ja kiinnileikkautumiso-minaisuuksiin. TKK, Koneinsinööriosasto, diplomityö. 116 s.
- 1970
- /2/ Eräs kääntöpalojen sovellutus avarrustyö-välineissä. Konepajamies 23(1970):3, s. 129...130
- 1971
- /3/ Toleranssiarvot. Insinöörijärjestöjen Koulutus-keskus, julkaisu 34 -71 V Muoto- ja sijain-titoleranssit. 16 s.
- 1973
- /4/ Muoto- ja sijaintitoleranssit. Kustannusosa-keyhtiö Tekniikan kirja, Helsinki 1973, 97 s.
- /5/ Ajatuksia sekatuotantohitsaamon kehittämi-sestä. Hitsaustekniikka 23(1973):3-4, s. 100...108
- /6/ Muoto- ja sijaintitoleranssit: Menorajan peri-aate, 9 s. ja Käytännössä saavutettavat arvot, 16 s., Insinöörijärjestöjen Koulutuskeskus, julkaisu 34-71. Koneistettavien kappaleiden suunnittelu.
- /7/ Piirrotuksen työnsuunnittelu (piirrotustyön rationalisointia kappaleiden esiasetuksen avulla käsittelevä osa). Piirrotus koneistuksen lähtö-kohtana. Suomen Metalliteollisuuden Keskus-liitto, Tekninen tiedotus 2/73, Helsinki 1973, s. 6
- 1974
- /8/ Teollisuusrobotit tulevat. Konepajamies 27(1974):5-6, s. 19...26
- /9/ Koneita tropiikkiin toimittavan muistilista. Tekniikka 64(1974):10, s. 41...45
- /10/ Liikeilmailun kehittäminen Lahdessa. Suomen Teknillinen Seura, Valtakunnallinen alueellinen kehittämisprojekti (osatehtävä). Lahden diplo-mi-insinöörit ja arkkitehdit ry, Lahti 1974. 38 s.
- 1975
- /11/ Yksinkertaista koneistettavien kappaleiden esiasetus- ja vaihtopöytätekniikkaa. Konepa-jamies 28(1975):2, s. 49...51
- /12/ NC sekatuotantokonepajassa. Konepajamies 28(1975):7, s. 31...34
- /13/ Teollisuusrobotit palveluksessanne. Hitsaus-tekniikka 25(1975):3, s. 86...92
- /14/ Uusi vaihtoehto totunnaiselle konepaja-työskentelylle. Hitsaustekniikka 25 (1975):4-5, s. 132...136
- /15/ Yrityksessä kouliintuneen henkilöstön panos yhteiskunnan toiminnoissa. Tehokas Yritys 1975:11, s. 26...27 (Mec-Rastorin kirjoitus-kilpailussa palkittu kirjoitus)
- /16/ Yrityssuunnittelu varautumassa materiaali-pulaan. Osto ja materiaalihoito 11(1975):12, s. 16...18
- 1976
- /17/ Valmistusosastojen ja tuotesuunnittelun yhteis-toiminta sekatuotantokonepajassa. TKK, Kone-insinööriosasto, lisensiaatin työ. 149 s.
- /18/ Liikelento säästään. Osto ja materiaalihoito 12(1976):1-2, s. 16...18 (Laihia säästö-kilpailussa palkittu kirjoitus)
- /19/ Konepajan uudet teknologiat rationalisoivat myös materiaalitointoja. Osto ja materiaa-lijohto 12(1976):4, s. 28...32
- /20/ Organisaatio voi olla tuhlarin työkalu. Tuottavuus 18(1976):5, s. 14...15 (Tuottavuus-lehden kirjoituskilpailussa lunastettu kirjoitus)
- /21/ Mill maintenance. Seminar on wood based panels for African countries. September 1976. Ammattikasvatushallitus, Helsinki 1976. 26 s.
- 1977
- /22/ Valmistusosastojen ja tuotesuunnittelun yhtei-toiminta sekatuotantokonepajassa, osa I Konepajamies 30(1977):1-2, s. 35...42, osa II Konepajamies 30(1977):3, s. 29...34
- /23/ Yhteistyö ja informaation kulku työn tuotta-vuuden tekijöinä. Insinöörijärjestöjen Koulutus-keskus. Julkaisu 7-77 Käyttövarmuus – Suun-nittelun, käytön ja kunnossapidon yhteistyön tulos, 1977. 20 s.
- /24/ Lastuavat työkalut. Insinöörijärjestöjen Koulutuskeskus, julkaisu 31-77, Työkalut, 1977. 30 s.
- /25/ Standardisointi yrityksessä. SFS-tiedotus 9(1977):3, s. 5...7
- /26/ Euroopan työstökoneenäyttely 2. EMO-en-nakkokatsaus. Konepajamies 30(1977):9, s. 5...8
- /27/ Euroopan työstökoneenäyttely 2. EMO-näyt-telykatsaus. Osa I Konepajamies 30(1977):12, s. 53...62, osa II Konepajamies 31(1978):1-2, s. 20...29
- 1978
- /28/ Valmistuksen ja tuotesuunnittelun yhteistyön organisointi. Suomen Metalliteollisuuden Keskusliitto, Tekninen tiedotus 3/78, Helsinki 1978. 45 s.
- /29/ Sariola, P. ja Kauppinen, V., Kokemuksia sorvauksen kestoaikamäärityksestä ISO 3685 - 1977 (E) mukaan, Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu, Koneenrakennustekniikan laitok-sen julkaisusarja, julkaisu 7, Lappeenranta 1978. 20 s. + 14 liitesivua
- /30/ Kitkahitsaus - vaihtoehtoinen koneenosien valmistusmenetelmä, Konepajamies 31(1978):9, s. 3
- /31/ 70-vuoden taipaleelta (Lahden Rautateollisuus Oy:n historiikki). Rautelainen 1(1978):3. 11 s.
- 1979
- /32/ Konepajojen mahdollisuuksista kehittää valmistustoimintaansa, Konepajamies 32(1979):1-2, s. 6...12
- /33/ Metallisten materiaalien jäysteiden ennalta-ehkäiseminen ja poisto. Esitutkimus (ruotsa-laisen julkaisun täydennetty suomennos). Suomen Metalliteollisuuden Keskusliitto, Tek-ninen tiedotus 4/79. 31 s.
- /34/ Asetusten nopeuttaminen. Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus, julkaisu 26-79, Työkalut, lastuava työstö. 23 s.
- /35/ Ahola, J. ja Kauppinen, V., Eri tekijöiden vaikutuksesta kalvitun reiän laatuun. Kone-pajamies 32(1979):6, s. 21...23
- /36/ Sariola, P. ja Kauppinen, V., Kovametalli-teräspalojen kulumiskriteereistä sekä mene-telmiä optimaalisten lastuamisarvojen mää-räämiseksi työstökokeiden avulla sorvaa-misessa. Lappeenrannan teknillinen kor-keakoulu, Koneenrakennustekniikan laitoksen julkaisusarja, julkaisu 11, Lappeenranta 1979. 34 s.
- /37/ Pintojen teknologian kurssi Göteborgissa. Konepajamies 32(1979):9, s. 11...15

- /38/ Tuotesuunnittelun yhteys kokoonpanon taloudellisuuteen. Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus, julkaisu 105-79 Yksittäis- ja pien-sarjatuotteiden kokoonpano. 6 s.
- /39/ Valaminen vaihtoehtoisin valmistusmenetelmiin verrattuna. Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus, julkaisu 112-79 Valumetallien ja -menetelmien valinta metalliteollisuuden tuotteita suunniteltaessa. 35 s.
- /40/ Kappaleen kiinnittäminen, 10 s. sekä Kiinnitysmenetelmät ja saavutettavissa olevat kiinnitystarkkuudet yleisimmissä kiinnitysmenetelmissä, 22 s. Ammattienedistämislaitoksen julkaisu Kappaleen kiinnittäminen työstökoneeseen 30.11.1979
- /41/ Valettu vai hitsattu? Insinööriutiset 14.12.1979 Erikoissivut, valimotekniikka
- /42/ Rationalisointi - päivän puheenaihe. Lahden Seudun Insinöörit r.y., jäsenlehti 3/79. 4 s.
- /43/ Ei ole vielä sellaista viisastenkiveä, jonka avulla tulisimme toimeen ilman työtä (DI Heino Leskelän haastattelu). Lahden Kauppakamari 1(1979):1, s. 4...6
- /44/ Toimialoja ei voida jakaa vuohiin ja lampaisiin (johtaja Seppo Lindblomin haastattelu). Lahden Kauppakamari 1(1979):1, s. 8...11
- /45/ Elinkeinoneuvottelukunta Nastolaan - vanhoissa kaavoissa ei voi pitkään pitäytyä (kunnanjohtaja Aulis Maneliuksen ja kunnanhallituksen puheenjohtaja Pekka Jyrkisen haastattelu). Lahden Kauppakamari 1(1979):2, s. 6...9
- /46/ Kuka ostaa maata atomivoimalalle (VTL Karl Wahlströmin haastattelu). Lahden Kauppakamari 1(1979):1, s. 10...13
- /47/ Osaamista ja monimutkaista muovia maailmanmarkkinoille (Eimo Muovi Ky). Lahden Kauppakamari 1(1979):3, s. 4...6
- /48/ Heikki Parmela 41 vuotta pankkitoimintaa ja talouskulttuuria. Lahden Kauppakamari 1(1979):3, s. 6...9
- /49/ Kalkkisten koskelta maailman vesille (Rapala Oy). Lahden Kauppakamari 1(1979):4, s. 4...5
- /50/ Mattinen, Ei pelkästään James (Mattisen Teollisuus Oy). Lahden Kauppakamari 1(1979):5, s. 4...5
- /51/ Kauno Koskinen - huipputyökaluja Hartolasta. Lahden Kauppakamari 1(1979):5, s. 6...7
- /52/ Kansainvälistyminen: Yritysjohtajat ulos kammiostaan. (Oy Starckjohann & Co Ab). Lahden Kauppakamari 1(1979):6, s. 4...5
1980
- /53/ Kappaleen kiinnittämisestä. Konepajamies 33(1980):4, s. 7...15
- /54/ Vaihtoehtoiset valmistusmenetelmät ja niiden kustannukset. Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus, julkaisu 77-80. Tuottavuuden parantaminen hitsattujen rakenteiden suunnittelun ja valmistustekniikan avulla. 9 s.
- /55/ Paikoitusnopeudesta avarruksessa. Konepajamies 33(1980):10, s. 59...61
- /56/ *Kauppinen, V. (toim.) et. al.,* Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu 10 vuotta. Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu, Lappeenranta 1980. 19 s.
- /57/ Heimo Seppälä: Henkilöstö on menestyvän pankin Voimavara. Lahden Kauppakamari 2(1980):1, s. 4...6
- /58/ Puutavaraliikkeestä suursahaksi (Koskisen Oy). Lahden Kauppakamari 2(1980):2, s. 4...5
1981
- /59/ Yrityksen toimintojen yhteistyö ja suunnittelutyön organisointi. Insinöörijärjestöjen koulu-
- tuskeskus, julkaisu 25-81 Suunnitteluosaston kehittyvät menetelmät. Helsinki 1981. 12 s.
- /60/ Samverkan mellan konstruktion och produktion, Mekanresultat 81001, Sveriges Mekanförbund, Stockholm 1981. 43 s.
- /61/ Kokoonpano - kannattava kehityskohde. Konepajamies 34(1981):3, s. 1...25
- /62/ Vähän käytetty voi olla uutta parempi. Konepajamies 34(1981):7-8, s. 3
- /63/ Kohti joustavaa tuotantoa. Insinööriutiset 25.09.1981, s. 14...15
- /64/ 4. EMO kuvina. Konepajamies 34(1981):10, s. 29...31
- /65/ Mammuttimainen 4. EMO - jälkikatsaus, työstökoneet. Konepajamies 34(1981):11, s. 51...59
- /66/ Ajankohtaista konepajoissa. Tuotannon joustaavuus ja koneiden käyttö työajan ulkopuolella. Insinööriutiset 20.11.1981, s. 26...27
- /67/ Tilanne kärjistymässä työstökoneemarkkinoilla. Insinööriutiset 20.11.1981, s. 27
- /68/ Tieto luo osaamista. (Finntech 81 työstökonenäyttelyn avaustilaisuudessa pidetty esitys) Suomen Wemex-Kone Oy:n asiakaslehti, FinnTec 81. 2 s.
- /69/ Teknologiakomitean mietinnöstä tukea liiton tavoitteille. Lectio, tammikuu 1981, s. 8...9
- /70/ Teknologiakomitean mietintö, kehityksemme kartoitus. TTK nyt 2/81, s. 6...7
- /71/ Valimoiden kapasiteettipula on ohitettu. Kauppalehti 15.01.1981
- /72/ Teknologia -80. Neliosainen artikkelisarja. Kauppalehti 23.02.1981, 25.02.1981, 03.03.1981 ja 16.03.1981
- /73/ Tietokone mullistaa suunnittelun, Konepajat muutosten edessä. Kauppalehti 17.03.1981 s. 8
- /74/ UPO tekee valimosta tehtaan. Kauppalehti 25.03.1981 s.18
- /75/ Teknologian kehittäminen teknologiapolitiikan painopisteeksi. Kauppalehti 06.07.1981, s. 8...9
- /76/ Liit odotukset voivat tukahduttaa laatupiirit. Kauppalehti 20.07.1981
- /77/ Suomessa laatu ei vielä ole johtamistapa. Kauppalehti 30.09.1981, s. 17
- /78/ Työstökoneet muuttuvat nopeasti. Kauppalehti 01.10.1981, s. 19
- /79/ Matkarahojen niukkuus vaikeuttaa tutkijoiden tiedon hankintaa. Kauppalehti 03.11.1981
- /80/ Teollisuuden innovaatiot 1980-luvulla. Viisi-osainen artikkelisarja. Kauppalehti 23.11.1981, 30.11.1981, 02.12.1981, 03.12.1981 ja 09.12.1981
1982
- /81/ Konepajat uudelle automaatiotasolle. Tuottavuus 1982:1, s. 10...11
- /82/ Eri sahausmenetelmien vertailua. Konepajamies 35(1982):3, s. 34...37
- /83/ Teräaineet ja niiden kehitys. Lastuavan työstön neuvottelupäivä. Terästen lastuttavuus, kurssiomoniste. Suomen Metalliteollisuuden Keskusliitto 1982, 11 s.
- /84/ Työstökoneita Tukholmassa. Konepajamies 35(1982):6, s. 29...31
- /85/ *Häyrynen, S., Packalen, J. ja Kauppinen, V.,* Kitkaporaus. Konepajamies 35(1982):7-8, s. 5...9
- /86/ Katsaus valmistusmenetelmien kehitykseen. Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus, julkaisu 113-82 Konepajainsinöörin seminaari. 18 s.

- /87/ Solut ja tuoteverstaat. Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus, julkaisu 113-82 Konepaja-insinöörin seminaari. 11 s.
- /88/ Kokemusten vaihtoa yhteistyöstä organisaatioissa. Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus, julkaisu 113-82 Konepajainsinöörin seminaari. 14 s.
- /89/ Automaatio vei pääosan Chigagon työstökonemessuilla. Insinööriutiset 05.10.1982 erikoissivut, s. 18...19
- /90/ Tietokonekokous kokoontuu ilman video-bisnestäkin. Kauppalehti 09.02.1982, s. 10
- /91/ Työstökoneinvestointeja lisättävä. Kauppalehti 10.05.1982, s. 15
- /92/ Modernia konekantaä käytetään tehottomasti. Kauppalehti 06.10.1982, s. 8
- /93/ Työstökoneiden ja työstökonejärjestelmien eräitä kehityspiirteitä. Kurssimoniste NC-koneiden tehokkaampi käyttö. Suomen Metalliteollisuuden Keskusliitto, Helsinki 1982. 5 s.
- /94/ Terveiset Chigagosta. Aspotekniikka 1982: 1, s. 4...5
- /95/ Tästä eteenpäin - kapasiteetti kaksinkertaiseksi. Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus, julkaisu 186-82 NC-koneen kapasiteetin lisäämiskeinot. 5 s. 1983
- /96/ Levytyömessut Essenissä. Konepajamies 36(1983): 1-2, s. 27...34
- /97/ Kokoonpanotyö tehokkaaksi, 9 s. sekä Kokoonpanoystävällinen suunnittelu, 6 s., Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus, julkaisu 25-83 Tehosta kokoonpanoa.
- /98/ Häyrynen, S. ja Kauppinen, V., Boorinitridi teräaineena sorvauksessa ja jyrsinässä. Konepajamies 36(1983):3, s. 4...8
- /99/ Teemapäivän avaus, 3 s., ja Terästen tehokas lastuaminen, 9 s., Konepajatekniikan teemapäivän luentomateriaali. TKK ja Suomen Metalliteollisuuden Keskusliitto 1983
- /100/ Teräaineet kehittyvät mutta pikateräskin pitää pintansa. Insinööriutiset, Metalliteollisuus 22.03.1983. s. 33.
- /101/ Tehkää vain tarpeellista, varastot kiertämään. Kauppalehti 12.04.1989, s. 20
- /102/ Siistikää tehtaanne. Kauppalehti 27.04.1983, s. 11
- /103/ Laser tulee laboratorioista konepajoihin – teemakokonaisuus (Laser leikkaa hitsaa, karkaisee ja mittaa, Kehitys käynnistyi jo 1950-luvulla ja Laser automaattitehtaan sydämenä) Insinööriutiset, Metalliteollisuus 22.03.1983 s. 26...27
- /104/ Kokoonpano haukkaa yllättävän suuren osan valmistuskuluista. Insinööriutiset, Metalliteollisuus 22.03.1983, s. 31
- /105/ Ajatuksia suomalaisten alihankkijoiden kilpailukykyistä. Suomen Metalliteollisuuden Keskusliitto, Alihankintatoiminnan neuvottelupäivän moniste 5.5.1983. 8 s.
- /106/ Tuotteen suunnittelu kokoonpanoa silmälläpitäen. Suomen Metalliteollisuuden Keskusliitto, Tekninen tiedotus 9/83, 24 s.
- /107/ Pariisin 5. EMO - työstökoneita ympäryslaitteiden varjossa. Konepajamies 36(1983): 7-8, s. 5...13
- /108/ Teknologian vaikutuksia työn sisältöön metalliteollisuudessa. SAK:n Työn sisältö -seminarin kurssikansio 6.-8.9.1983. 7 s.
- /109/ Group production - cells and product shops. Nordic Institute of Advanced Occupational Environment Studies. International Course on Human Factors and Ergonomics. 17-21 October 1983 Espoo, 15 p.
- /110/ Konepajojen kehitysnäkymät. Konepajojen tuotannonohjaus-luentopäivä 30.11.1983. Ammattienedistämislaitos & Konepajamiehet ry. 9 s.
- /111/ Tuotteistoon sopeutettu valmistus. Konepajamies 36(1983): 12, s. 27...29 1984
- /112/ Safematic -tarkkuuskonepaja Muuramessa. Konepajamies 37(1984): 1, s. 10...11
- /113/ Lastuaminen ja teräaineet tänään. Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus, julkaisu 44-84 Lastuaminen tänään. 17 s.
- /114/ Lastujen käsittely. Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus, julkaisu 44-84 Lastuaminen tänään. 22 s
- /115/ Kehittämisen eri osatekijöiden huomiointi ja vaikutus parempaan kannattavuuteen pyrittäessä. Menetelmätekninen yhdistys, kontaktipäivän 3.4.1984 aineisto. 20 s.
- /116/ Asetusajat alas. Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus, julkaisu 225-84 Asetusajat alas lastuamisessa. 12 s.
- /117/ Automaation ja konejärjestelmien esiinmarssi Moskovassa. Konepajamies 37(1984):5, s. 24...27
- /118/ Joustava automaatio tänään sorvauksessa. Ammattienedistämislaitos, kurssijulkaisu FMS-luentopäivä, automaattiset sorvaussolut 30.5.1984. 5 s.
- /119/ DDR:n työstökoneellisuus esittäytyi. Konepajamies 37(1984):6, s. 15...17
- /120/ Tämän päivän teräaineet ja terät. Ammattienedistämislaitos, kurssijulkaisu Konepajan lastuavat työkalut, 1984. 21 s.
- /121/ Tuotannon virtauttaminen. Suomen Metalliteollisuuden Keskusliitto, JOT Juuri Oikeaan Tarpeeseen -tuotannon teemapäivän 21.8.1984 aineisto. 5 s.
- /122/ Europa seminar 84 Euroopan työstökonevalmistajien tietoisu. Konepajamies 37(1984): 7-8, s. 8...9
- /123/ Sorvausjyrsintä - suurten akselikappaleiden uusi työstömenetelmä. Konepajamies 37(1984):9, s. 66...67
- /124/ Tuotannon ja tuotekehityksen uudet aatteet - Tuotanto. Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus, julkaisu 170-84 Valimoiden kannattavuuden parantaminen. 9 s.
- /125/ Ruotsi ja Englanti suunnannäyttäjinä - valtio tukemaan FMS:ään siirtymistä. Insinööriutiset 09.10.1984. s. 15
- /126/ Ideaalinen teräaine antaa odottaa itseään. Insinööriutiset 09.10.1984, s. 26...27
- /127/ 30 %:n lisätehokkuus mahdollista panemalla kokoonpano uusiksi. Insinööriutiset 09.10.1984, s. 38...39
- /128/ Metalliteollisuuden tuotantoajattelu. Tekniikan päivät 84 kansio, Helsinki 1984. 6 s.
- /129/ Oikeaan osuneet tekniset investoinnit kilpailukykyyn avaimena (FinnTec 84 työstökoneenäyttelyn avaustilaisuudessa pidetty esitys). Teollisuuden näytelehti, messuliite 9.10.1984, s. 1...2
- /130/ Levystä pyöriä ja muutakin. Konepajamies 37(1984):9, s. 78...79
- /131/ Tankin tekoa ja automaattisorvausta Ähtärissä. Konepajamies 37(1984):9, s. 126
- /132/ Kauppinen, V. ja Lapinleimu, I., Aachenin työstökonekollokvio. Konepajamies 37(1984):10, s. 5...11

- /133/ Automatisoinnista ja sen kohteista. Konepajamies 37(1984):1, s. 14...15
- /134/ Metalliteollisuuden muuttuva tuotantoajattelu. Suomen Materiaalitalous 20(1984):12, s. 12...13
- /135/ Blech 84 levytyömessut Essenissä. Konepajamies 37(1984):12, s. 20...26
- /136/ Pitäisikö uusi pora teroittaa? Konepajamies 37(1984):12, s. 42
- /137/ Härkälä, T. ja Kauppinen, V., Lastunkäsittely konepajoissa. Suomen Metalliteollisuuden Keskusliitto ry Tekninen tiedotus 44/84. 40 s. 1985
- /138/ Kokoonpanon rationalisointi ja automatisointi. Insinööripäivät 85, julkaisu 3/XI. 20 s.
- /139/ Blech '84 - en omfattande och intressant exposé. Verkstäderna 81(1985):3, s. 38...40
- /140/ Kokoonpanoystävällinen tuote. Suomen Metalliteollisuuden Keskusliitto, Modulointipäivän 13.3.1985 aineisto. 10 s.
- /141/ Robottien käyttö kokoonpanossa. Robotiikka & tuotantoautomaatio. Konepajatalouden kerho KOTA, Espoo 1985, s. 36...39
- /142/ Laseri- ja plasmaleikkaus. Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus, julkaisu 68-85 Ohutlevytyöt tänään. 24 s.
- /143/ Integroituva menetelmä- ja laitekehitys. Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus, julkaisu 68-85 Ohutlevytyöt tänään. 14 s.
- /144/ Syvän reiän poraus. Konepajamies 38(1985):3, s. 20...22
- /145/ Robotit konepajojen kokoonpanotoissa. Ammat-tienedistämislaitoksen moniste 15.5.1985 Robotit kokoonpanossa ja asennuksessa – luentopäivä. 5 s.
- /146/ Automatisoidun kokoonpanon Eurooppasemi-naari. Konepajamies 38(1985):5, s. 22...23
- /147/ Kokoonpanon rationalisointi ja automatisointi. Uudistuva tuotannonohjaus. Tuotantotalouden kerho PRODEKO, Espoo 1985, s. 89...91
- /148/ Kehittyvä konepaja. Hitsaustekniikka 35(1985):3, s. 3...6
- /149/ Posti, E. ja Kauppinen, V., The planing test for studying tribological properties of coated tools. Wear 102(1985), s. 27...232
- /150/ MAR puree nyt sarjojen kokoonpanoon. Konepajamies 38(1985):9, s. 12...13
- /151/ Lastuavat työkalut ja niiden kehitysnäkymät. VTT-seminaarin Pinnoitteiden tarjoamat edut lastuavissa työkaluissa 9.10.1985 esitelmä-kansio. 8 s.
- /152/ Konstruktion med avseende på montering. Mekanresultat 84009. Sveriges Mekanförbund, Stockholm 1985. 23 s.
- /153/ Ohutlevyvalmisteiden kokoonpano. Ohutlevy-uutiset 11, lokakuu 1985. Suomen Metalliteolli-suuden Keskusliitto, s. 4...6
- /154/ Konepajatekniikkaa Tekniikan museossa. Konepajamies 38(1985):10, s. 101...102
- /155/ Mammuttimainen 6. EMO Hannoverissa. Konepajamies 38(1985):11, s. 6...16
- /156/ Sorvien valmistuksesta Suomessa. Konepa-jamies 38(1985):11, s. 48...50
- /157/ Modulointi ja JOT. Insinöörijärjestöjen koulu-tuskeskus, julkaisu 260-85 VII. 8 s.
- /158/ Konepaja-automaation haasteet urakoitsijalle. Sähköurakoitsija 1985:12, s. 93...94
- /159/ Käsityöläisten sorvista tuotantokoneeksi. Konepajamies 38(1985):12, s. 34...39
- /160/ Kokoonpanotyön tasonkorotus. Konepajamies 38(1985):12, s. 20...21
- 1986
- /161/ Laseri - monipuolinen työväline. Insinöörjär-jestöjen koulutuskeskus, julkaisu 72-86 VIII. 20 s.
- /162/ Tämän päivän tuotantoperiaatteita. Insinööri-järjestöjen koulutuskeskus, julkaisu 72-86 IX. 4 s.
- /163/ Kokoonpanoa kannattaa tehostaa. Insinöörjär-jestöjen koulutuskeskus, julkaisu 72-86 X. 6 s.
- /164/ Niemi, E., Korhonen, A.S., Harju, E. ja Kauppinen, V., Comparison of wear characteristics and properties of TiN-coated gear cutting hobs. ICMC 86 San Diego, California, April 7-11 1986. 18 s.
- /165/ CIM - mitä se on ja mihin sitä tarvitaan. Konepajamies 39(1986):3, s. 24...26
- /166/ Metallityöstökoneiden käyttökoneistojen kehi-tys. TKK, Koneinsinööriosasto, Konepajatek-niikan laboratorio, julkaisu KPT 1/86. 69 s.
- /167/ Koneistuskeskukset ja joustavat valmistus-järjestelmät - varhaiskehitys ja käyttöönotto Suomessa. TKK, Koneinsinööriosasto, Konepa-jatekniikan laboratorio, julkaisu KPT 2/86. 57 s.
- /168/ Tuotteen suunnittelu joustavassa kokoon-panossa, 10 s., Kokoonpanon ja kokoon-panojärjestelmän suunnittelu ja toteutus, 9 s., sekä Tuotteen suunnittelu kappaleen käsittelyn kannalta, 8 s. Rastor instituutti, Robottipäivät 86 julkaisu 15.-16.4. 1986
- /169/ Mitä konepajoissa tapahtuu? OtaDATA 86 Tieto-tekniikkapäivän julkaisu, A/I/1 Otaniemi. 4 s.
- /170/ Karkaistuja hammaspyöriä hiomatta. Konepa-jamies 39(1986):4, s. 62...63
- /171/ Kokoonpantavuuden huomioonottaminen rakenteiden suunnittelussa. Suomen Metalliteollisuuden Keskusliitto, Ohutlevypäivän 6.5.1986 julkaisu. 14 s.
- /172/ Lisääntyvän automaation vaikutukset koneiden valmistukseen ja käyttöönottoon. Insinööri-järjestöjen Koulutuskeskus, julkaisu 133-86 VIII Mekatronisen koneen suunnitteluprojekti. 11 s.
- /173/ Manuaalisen kokoonpanon rationalisointi. Kehittyvä tuotantotekniikka -seminaarin 22.5.1986 julkaisu, Suomen Metalliteollisuuden Keskusliitto. 11 s.
- /174/ Automaatio strategiana. Konepajamies 39(1986):5, s. 22...23
- /175/ Koneistuskeskuksella valmistettavan kappaleen kiinnittäminen: Kehitysnäkymät – taloudelli-suus. Kappaleen kiinnittäminen: Kehitys-näkymät - taloudellisuus. Ammattienedistämislaitos, kurssimoniste Kappaleen kiinnittäminen koneistuskeskuksilla 5.6.1986. 16 s.
- /176/ Metallihöyläkoneet, Kansainvälinen yleiskehitys ja valmistus Suomessa. TKK, Koneinsinööri-osasto, Konepajatekniikan laboratorio, julkaisu KPT 3/86. 68 s.
- /177/ Kompromissi parempi kuin raastupa. Konepajamies 39(1986):6, s. 22...23
- /178/ Keraamisten osien hiontaa koneistuskeskuk- sessa. Konepajamies 39(1986):7-8, s. 30...31
- /179/ Polvityyppiset metallijyrsinkoneet. Kansain-välinen yleiskehitys ja valmistus Suomessa. Teknillinen korkeakoulu, Koneinsinööriosasto, Konepajatekniikan laboratorio, julkaisu KPT 4/86. 66 s.
- /180/ Kokoonpano ja asennus. Valmistustekniikka, XII-luku. Otakustantamo 1986, s. 467...480
- /181/ Keraamiset teräaineet sorvauksessa ja jyrsin-nässä. Konepajamies 39(1986):9, s. 24...29

- /182/ Pääseekö CIM:iin mukaan pienellä rahalla? Konepajamies 39(1986):10, s. 21
- /183/ Metallisorvien valmistus Suomessa. Tekniikan museon julkaisuja I. Ekenäs Tryckeri Aktiebolag, Tammisaari 1986. 53 s.
- /184/ Modernin tuotantolaitoksen toimintaperiaatteista. Sähkö- ja elektroniikkateollisuusliitto SETELI. Tuotannon automatisointi -starttipäivän 03.12.1986 moniste. s. 1...14
- /185/ Paisunut Blech 86. Levyvalmisteita joustavasti ja edullisesti. Konepajamies 39(1986):12, s. 6...11
- /186/ *Niemi, E., Korhonen, A.S., Harju, E. ja Kauppinen, V.*, Comparison of wear characteristics and properties of TiN-coated gear cutting hobs. J. Vac. Sci. Technol. A 4 (6), Nov/Dec 1986, pp. 2763-2767 1987
- /187/ Teräaineet metallien lastuavassa työstössä. Otakustantamo 491. Karisto Oy, Hämeenlinna 1987. 78 s.
- /188/ *Kauppinen, V., Korhonen, A.S., Posti, E. ja Nieminen, I.*, PVD-titaaninitridipinnoitetut lastuavat pikaterästyökalut. MET tekninen tiedotus 29/87. 27 s.
- /189/ Konepajojen nykyaikaiset koneet ja konejärjestelmät. Otakustantamo 504. Kyriiri Oy, Helsinki 1987. 133 s. 2. tarkennettu painos 1989, 3. tarkennettu painos 1992
- /190/ Älä jätä kokoonpanoa oman onnensa nojaan. Konepajamies 40(1987):6, s. 42... 45
- /191/ Kokoonpanon kehittäminen. Uudistuva tuotantotekniikka. Oulun koneinsinööriilta ry. Oulu 1987, s. 23...25
- /192/ Kokoonpano nykyaikaisessa konepajassa. Menestyvä PKT -yritys. Tuotantotalouden kerho PRODEKO, Espoo 1987, s. 75...77
- /193/ Tavoitteellinen ryhmätyö konepajoissa. MET tekninen tiedotus 6/87. 41 s.
- /194/ *Malmberg, K. ja Kauppinen, V.*, Manuaalisen kokoonpanon tehostaminen. MET tekninen tiedotus 7/87. 36 s.
- /195/ Modulointi avaimena tehokkaaseen tuotantoon. Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus, julkaisu 50-87, Standardisointipäivät 1987, II. 15 s.
- /196/ Materiaalitoimintojen rooli muuttuvassa tuotantoympäristössä. Suomen Materiaalitalous 23(1987):5, s. 30...33
- /197/ Integraatio vaatii uuden organisaation. Insinööriutiset 1987:84 (21.10), s. 12
- /198/ Omaperäisiä työstöratkaisuja. Konepajamies 40 (1987):3, s. 28...30
- /199/ Leipzigin kevätmessut 1987, Työstökone-teollisuus käy täysillä DDR:ssä. Konepajamies 40(1987):5, s. 10...13
- /200/ Saksalaista konepajatekniikan tutkimusta. Konepajamies 40 (1987):9, s. 40...45
- /201/ Konepajatekniikan kovat ja pehmeät elementit (Finntech 87 työstökoneinäyttelyn avaus-tilaisuudessa pidetty esitys). Teollisuuden näytelehti, messuliite 17.11.1987, s. 2...3
- /202/ 7. EMO Milanossa, Avainalueet ohjelmointi ja järjestelmäintegraatio. Konepajamies 40(1987):12, s. 46...60
- /203/ Penkki- ja pylväsporakoneet - yleinen kehitys ja valmistus Suomessa. TKK, Konetekniikan osasto, Konepajatekniikan laboratorio, julkaisu KPT 1/87. 77 s.
- /204/ Avarruskoneet - yleinen kehitys. TKK, Konetekniikan osasto, Konepajatekniikan laboratorio, julkaisu KPT 3/87. 59 s.
- /205/ Metallialan teollisen käsityön ja metalliteollisuuden alkutaival Lahdessa. Lahden museolautakunta, Piirteitä Lahden historiaan XVI 1987. Lahden kaupungin painatuskeskus 1987. 66 s. 1988
- /206/ *Malmberg, K. ja Kauppinen, V.*, Kokoonpanotekniikan ja -menetelmien kehittäminen nykypäivän vaatimustasolle metalliteollisuuden yksittäis- ja piensarjavalmistuksessa. Tekesin rahoittaman tutkimusprojektin loppuraportti. TKK, Konetekniikan osasto, Konepajatekniikan laboratorio, julkaisu KPT 5/87. 152 s.
- /207/ *Kauppinen, V., Airila, M. ja Ekman, K.*, Kotimainen kokoonpanon tuotantojärjestelmä. Konepajamies 41(1988):2, s. 20...22
- /208/ Metallisahat ja metallien sahaus - kehitysmahdollisuudet. TKK, Konetekniikan osasto, Konepajatekniikan laboratorio, julkaisu KPT 1/88. 37 s.
- /209/ Valmistava teollisuus - edellytykset tuottaville automaattioratkaisuille. Rastor-Instituutti, Robottipäivät 88 luentokansio. 6+11 s.
- /210/ Lastuja irti keraamisista osista. Konepajamies 41(1988):5, s. 80...81
- /211/ Keraamisten osien työstö. Tribologia 7 (1988):1, s. 1...8
- /212/ METAV 88 Työstökoneiteollisuus voittanut rakennemuutoksensa. Konepajamies 41(1988):7-8, s. 24...26
- /213/ Työstökoneiden syntyhistoria. Konepajamies 41(1988):7-8, s. 42...44
- /214/ CIM ja uuden tehtaan materiaalin hallinta. Suomen Materiaalitaloudellinen Yhdistys ry. Materiaalihallinnon uudet teknologiat seminaari 07.-08.09.1988, Lahti. 5 s.
- /215/ NC:stä CIM:iin. NC:stä CIM:iin teemapäivän luentomoniste. Ammattienedistämislaitos 14.09.1988, Helsinki. 25 s. Lyhennelmänä: Tietotaito, Ammattienedistämislaitoksen tiedotuslehti 1988:4, s. 1 ja 24
- /216/ CIM-konsepti. Puheenvuoro. Joustava tuotanto ja rakennemuutos -seminaari 15.-16.09.1988, Keilaniemi. SITRA, Sarja A, nro 89, Helsinki 1988, s. 169...177
- /217/ 70-vuotiaita metalliyrityksiä. Konepajamies 41(1988):10, s. 48...50
- /218/ Sahausta kannattaa kehittää. Konepajamies 41(1988):10, s. 70...74
- /219/ Tribologia valmistustekniikassa. Tribologia 7(1988):3, s. 71...80
- /220/ Metalliverstaita sekä konepajoja Ruotsin ajan ja Suuriruhtinaskunnan Helsingissä. TKK, Konetekniikan osasto, Konepajatekniikan laboratorio, julkaisu KPT 2/88. 132 s.
- /221/ Koneinsinöörin näkemys pinnoista ja pinta-ilmiöistä. Tekes, TKK, Metalliteollisuuden Keskusliitto, seminaarimoniste Pintailmiöiden hallinta ja hyödyntäminen teollisuudessa 20.10.1988. 17 s.
- /222/ Konepaja-automaation mahdollisuudet. Konepaja-automaation mahdollisuudet -luentopäivän moniste. Ammattienedistämislaitos 29.11.1988, Helsinki. 10 s.
- /223/ Blech88 Konejärjestelmät tulossa ohutlevytyihin. Konepajamies 41(1988):12, s. 24...28 1989
- /224/ *Dahlström, T., Oraskari, R. ja Kauppinen, V.*, Keraamisten konstrukti-osien työstömenetelmät erityisesti hiominen. TKK, Konetekniikan osasto, Konepajatekniikan laboratorio, julkaisu KPT 1/89. 102 s.

- /225/ Konepajatuotannon kuusi aikakautta. Konepajamies 42(1989):2, s. 54...55
- /226/ Mekaanisen teknologian ja konepajatekniikan opetuksen vaiheet Teknillisessä korkeakoulussa ja sen edeltäjien aikana. TKK, Konetekniikan osasto, Konepajatekniikan laboratorio, julkaisu KPT 2/89. 41 s.
- /227/ Konepajat laseraikaan. Tiede 2000 9(1989):3, s. 14...18
- /228/ Ekman, K., Airila, M. ja Kauppinen, V., Otaniemi kokoonpanon foorumiksi. Konepajamies 42(1989):4, s. 26...29
- /229/ Kauppinen, V. (toim.), Collin, J., Lakso, T., Lapinleimu, I. ja Pylkkänen, J., Konepajatekniikan termejä. Metalliteollisuuden Keskusliitto, Tekninen tiedotus 8/89. 39 s. (laajennettu versio Teknisestä tiedotuksesta 28/90)
- /230/ Konepajojen nykypäivä ja tulevaisuus. Sitra tiedottaa 1989:2, s. 5...7
- /231/ Liukko, T. ja Kauppinen, V., CIM kehittää konepajoja 90 -luvun haasteisiin. Tekniikan näköalat 1989:4, s. 4...6
- /232/ Hannoverin EMO lähestyy. Konepajamies 42(1989):7-8, s. 54
- /233/ Levytyöt pienerätuotannossa. Otakustantamo No 522. Helsinki 1989. 160 s.
- /234/ Flexible Automation using Robotics in the Metal Industries. Robot Applications in the Cypriot Industry. Nicosia 05.10.1989. 6 s.
- /235/ Teknologia tieteksi. Konepajamies 42(1989):9, s. 50
- /236/ Perestroikaa käytännössä. Moskovan 2. työstökonepäyttely. Konepajamies 42(1989):9, s. 73...74
- /237/ Käytännön toimenpiteet tavoiteltaessa automaattista kokoonpanoa. Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus, julkaisu 165-89 V, Automaattinen kokoonpano. 21 s.
- /238/ Hannoverin EMO kuvina. Konepajamies 42(1989):10, s. 14...17
- /239/ Pienet joustavat järjestelmät valtaavat alaa (8. EMO). Konepajamies 42(1989):11, s. 18...23
- /240/ Viennin suunnittelu ja valmistus. Lahden Kauppakamari 1989:7, s. 31
1990
- /241/ Liukko, T., Järnefelt, G., Hakulinen, S. ja Kauppinen, V., CIM käytännössä. Metalliteollisuuden Keskusliitto Tekninen tiedotus 21/89. 139 s.
- /242/ Suurnopeuskoneistus - lyhyt kartoitus ja kirjallisuusluettelo. TKK, Konetekniikan osasto, Konepajatekniikan laboratorio, julkaisu KPT 1/90. 18 s.
- /243/ Suomalaisten konepajojen hakemisto (= > n. 1940/50) ja suomalaisen metalliteollisuuden vaiheita käsittelevän kirjallisuuden bibliografia. TKK, Konetekniikan osasto, Konepajatekniikan laboratorio, julkaisu KPT 2/90. 71 s.
- /244/ Suomalaisten kaupunkikonepajojen syntyminen, kehittyminen ja rakennemuutos. TKK, Konetekniikan osasto, Konepajatekniikan laboratorio, julkaisu KPT 3/90. 27 s.
- /245/ Kullervosta Takraan. Suomalaisia traktorien valmistajapioneereja. TKK, Konetekniikan osasto, Konepajatekniikan laboratorio, julkaisu KPT 4/90. 18 s. 2. täydennetty painos 1992. 25 s.
- /246/ Erfahrungen beim Einsatz von FMS und CIM-Strategien in Finnland. Rechnerintegrierte Fertigung, IKM90, Internationaler Kongress Metallbearbeitung 8.- 10. März 1990, Karl-Marx-Stadt, DDR, s. 71...76
- /247/ Metalliverstaita ja konepajoja Porvoon seudulla. TKK, Konetekniikan osasto, Konepajatekniikan laboratorio, julkaisu KPT 5/90. 72 s.
- /248/ Liukko, T. ja Kauppinen, V., CIM-toteutus. Konepajamies 43(1990):4, s. 10...13
- /249/ DDR muutoksen aallonharjalla. Leipzigin messut, IKM90-kongressi ja Fritz Heckertin tehdas. Konepajamies 43(1990):5, s. 36...41
- /250/ Kauppinen, V. & Liukko, T., CIM-Einsatz in der finnischen Metallindustrie. Technische Universität Helsinki, Labor für Werkstatttechnik. Publikation KPT 6/90. 46 s.
- /251/ Hannoverin Industrie -messut lyhyesti. Konepajamies 43(1990):6, s. 28
- /252/ Työkaluja, työstökoneita ja CIMiä Verktygsmaskiner -90 ja CIM -90. Konepajamies 43(1990):6, s. 30...33
- /253/ Cermetit lastuavan työstön teräaineina. Yleiskatsaus ja kirjallisuusluettelo. TKK, Konetekniikan osasto, Konepajatekniikan laboratorio, julkaisu KPT 7/90. 18 s.
- /254/ Kauppinen, V., Aaltonen, K., Liukko, T., Konttinen, R., Pohjala, P. et.al., CIM-työkirja. Metalliteollisuuden Keskusliitto Tekninen tiedotus 24/90. 89 s. Kirjasta laadittu myös erillinen MET-julkaisu CIM-suunnitelman laatiminen ja toteutus - Kalvopohjat.
- /255/ CIM Mitä se on? Mitä se vaatii yritykseltä? Mitä sillä saavutetaan? MET, CIM-päivän 20.09.1990 materiaali. 9 s.
- /256/ Saksa säilyttää asemansa konepajatekniikan huippumaana. Konepajamies 43(1990):9, s. 14...16
- /257/ Liesitehdas pitää ympäristön puhtaana (Asko-Kodinkone). Konepajamies 43(1990):9, s. 40...42
- /258/ Cermetit etsivät paikkaansa teräainepaletilla. Konepajamies 43(1990):10, s. 16...18
- /259/ Kauppinen, V. (toim.), Collin, J., Lakso, T., Lapinleimu, I. ja Pylkkänen, J., Konepajatekniikan termejä. Suomen Metalli-, Kone- ja Sähköteknisen Teollisuuden Keskusliitto, MET Tekninen tiedotus 28/90. 44 s. (Tekninen tiedotus 8/89 laajennettu versio)
1991
- /260/ Finsk verkstadsteknik av i dag. Aktuell Produktion 1991:1 Skärande bearbetning, s. 9...10
- /261/ Konepajateollisuuden tuotantotekniikan nyky näkymiä ja konepajatekniikan tutkimus Suomessa. Konepajatekniikan päivä, Otaniemi 11.04.1991. 4 s.
- /262/ Konepajoja 1800 -luvun Ruotsissa. TKK, Konetekniikan osasto, Konepajatekniikan laboratorio, julkaisu KPT 1/91. 27 s.
- /263/ Alihankintayhteistyö - juhlapuheita vai todellisuutta. Suomen Metalli-, Kone- ja Sähköteknisen Teollisuuden Keskusliitto, MET. Alihankintatoiminnan neuvottelupäivä 8.5.1991 julkaisu. 11 s. Julkaistu myös Konepajamies 44(1991):7-8, s. 28...30 ja JOT Alihankintateollisuuden tiedotuslehti n:o 7/1991, s. 10...12 ja 23
- /264/ Liukko, T., Martola, H., Pirinen, A., Pohjala, P., Soukka, T., Väänänen, I., Kauppinen, V., CIM konepajoissa. TKK, Konetekniikan osasto, Konepajatekniikan laboratorio, julkaisu KPT 2/91. 113 s.
- /265/ 9. EMOssa pääpaino koneiden ominaisuuksilla ja markkinaosuuksien säilyttämisellä. Konepajamies 44(1991):7-8, s. 8...12

- /266/ *Paro, J., Nieminen, I., Kauppinen, V.*, Suurnopeuskoneistus - esitutkimusprojektin raportti. TKK, Konetekniikan osasto, Konepajatekniikan laboratorio, julkaisu KPT 3/91. 74 s.
- /267/ Työvälineet teollisuuden tuotantotekniikassa. Luku 1 kirjassa Aaltonen, K., Ekman, K., Kamppari, J., Kauppinen, V., Kivivuori, S., Paro, J., Vuorinen, J., Työvälinetekniikka. Otatiето no 537. Karisto Oy, Hämeenlinna 1991, s. 9...20
- /268/ Pienerätuotannon levytyökoneiden työvälineet. Luku 6 kirjassa Aaltonen, K., Ekman, K., Kamppari, J., Kauppinen, V., Kivivuori, S., Paro, J., Vuorinen, J., Työvälinetekniikka. Otatiето no 537. Karisto Oy, Hämeenlinna 1991, s. 115...131
- /269/ CIM Suomessa. STO vuosikirja - 1991. Karprint Ky, Huhmari 1991, s. 16...25
- /270/ Metallituotteiden työstämistavat. Kirjassa Teräsrakentaminen 1991 (toim. Salonen, K.). TTKK/Arkkitehtuurin osasto Rakennussuunnittelun laitos, julkaisu 1, s. 31...37
- /271/ Metalliteollisuuden lastuavien työstökoneiden valmistus Suomessa, Katsaus ja johtopäätöksiä. Suomen Teknillinen Seura STS ry Korkeakouluinsinöörien ja Arkkitehtien Keskusliitto KAL ry, Helsinki 1991. 159 s.
- /272/ *Kauppinen, V., Aaltonen, K., Liukko, T.*, Tutkimuksen ja kehittämisen suuntaviivoja. Julkaisussa: Joustava tuotantoautomaatio - tutkimus ja käytäntö tänään. TKK, Valmistustekniikan kerho - VTK. Helsinki 1991, s. 7...15 1992
- /273/ Cermet-terät käyttöön Euroopassakin. Konepajamies 45(1992):3, s. 16...17
- /274/ Työstökoneiteollisuus muutosten myllerryksessä. Konepajamies 45(1992):4, s. 20
- /275/ Niksivihoista simultaanisuunnitteluun. Konepajamies 45(1992):5, s. 32...33
- /276/ Joustava konepaja-automaatio metalliteollisuuden kilpailukyyn perustana. AEL 70 vuotta. Ammattienedistämislaitos, Helsinki 1992, s. 47...55
- /277/ Irlanti tulevaisuuden yhteistyökumppani. Konepajamies 45(1992):6, s. 34...35
- /278/ Korkeatasoinen Metav 92. Konepajamies 45(1992):7-8, s. 14...16
- /279/ *Andersin, H., Kauppinen, V.*, luku: Johdanto kirjassa Tuotantoautomaatio. Otatiето Oy, 1992. s. 9...34
- /280/ *Aaltonen, K., Kauppinen, V.*, luku: FMS-teknikka kirjassa Tuotantoautomaatio. Otatietano Oy, 1992. s. 125...163
- /281/ *Nieminen, I., Paro, J., Kauppinen, V.*, Suurnopeuskoneistus työvälinevalmistuksessa. Julkaisussa Lastuamistekniikan seminaari, VTT-KOT B-23, Espoo 1992. 9 s.
- /282/ Chigagon työstökoneshow IMTS92. Konepajamies 45(1992):11, s. 14...16
- /283/ Lean tuotanto konepajassa. Osto-opas Metalli 93, Metalliteollisuuden ostajan ja suunnittelijan käsikirja. Suomen Hakemistokustannus Oy, Keuruu 1992, s. 15...17, julkaistu suunnilleen samansisältöisenä myös: Lean-toiminta. AEL, Konepajan tuottavuus & laatu -seminaarin 15.12.1993 moniste. 4 s. 1993
- /284/ Kohti automaattista kokoonpanoa. Julkaisussa: Kokoonpanon automatisointi. Valmistustekniikan kerho - VTK. Koneinsinööriosasto, TKK, Otaniemi, Espoo 1993, s. 7...8.
- /285/ Lean-toiminnalla kustannusrakenteiden kimpuun. Konepajamies 46(1993):3, s. 50...51
- /286/ Tutkimuksessa pieni on kaunista mutta ei arvostettua (pääkirjoitus). Konepajamies 46(1993):5, s. 5
- /287/ Stahlwillen laatua. Konepajamies 46(1993):6, s. 18...19
- /288/ *Pohjala, P., Lemström, T., Kauppinen, V.*, Tuotannon tietotekniikan käyttöönoton kehittäminen. Tutkimushankkeen Organisaatiomuutokset ja henkilöstön osallistuminen integroituija järjestelmiä kehitettäessä loppuraportti. Teknillinen korkeakoulu, Konetekniikan osasto, Konepajatekniikan laboratorio, julkaisu KPT 1/93, 1993. 79 s. + liitteitä.
- /289/ *Kauppinen, V., Paro, J., Nieminen, I.*, Application of High-Speed Milling to the Finnish Manufacturing Industry. The Final Technical Report of the Applied Research Project. Helsinki University of Technology and Technical Research Center of Finland, Espoo 1993. 83 p.
- /290/ *Paro, J., Nieminen, I., Kauppinen, V.*, High-Speed Milling in Tooling Production. Pp. 161...162 in Orpana, V., Lukka, A. (editors), Production Research 1993, Proceedings of the 12th International Conference on Production Research, Lappeenranta, Finland, 16 - 20 August, 1993. Advances in Industrial Engineering, 17, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam 1993.
- /291/ *Liukko, T., Kauppinen, V., Aaltonen, K.*, Experiences of CIM Projects in Finnish Metalworking Companies. Pp. 291...292 in Orpana, V., Lukka, A. (editors), Production Research 1993, Proceedings of the 12th International Conference on Production Research, Lappeenranta, Finland, 16 - 20 August, 1993. Advances in Industrial Engineering, 17, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam 1993.
- /292/ *Pohjala, P., Kauppinen, V.*, Planning Approach for Workshop System. Pp. 659...660 in Orpana, V., Lukka, A. (editors), Production Research 1993, Proceedings of the 12th International Conference on Production Research, Lappeenranta, Finland, 16 - 20 August, 1993. Advances in Industrial Engineering, 17, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam 1993.
- /293/ *Nieminen, I., Paro, J., Kauppinen, V.*, High-Speed Milling of advanced materials. Proceedings of International Conference on Advances in Material & Processing Technologies. Dublin 24-27 August 1993. Vol. I, s. 21...32
- /294/ Konepaja tuotantolaitoksena, osa I. TKK, Konepajatekniikan laboratorio, moniste 1993. 68 s. Päivitys vuosittain.
- /295/ Työstökoneet. TKK, Konepajatekniikan laboratorio, moniste 1993. 255 s. Päivitys vuosittain.
- /296/ Kierrätys konepajateollisuudessa. Ympäristöalan ENVI 2100 seminaari Pori, 25.-26.08.1993 moniste. Tekes. 4 s.
- /297/ *Kauppinen, V., Konkola, M.*, Mitä tehdä käytetyille kovametalliterille? Konepajamies 46(1993):7-8, s. 43
- /298/ Työstökonekollokvio AWK'93 Aachenilaisia näkökulmia. Konepajamies 46(1993):7-8, s. 44...45
- /299/ Tekniikan kehitys Lahdessa. Etelä-Suomen Sanomat. No 285 20.10.1993, s. 2

- /300/ TKK:n Konepajatekniikan laboratorio tänään ja huomenna. Julkaisussa: Työvälinevalmistuksen nykypäivää. Valmistustekniikan kerho - VTK, Koneinsinööriosasto, TKK Otaniemi, Espoo 1993, s. 3...4
- /301/ The development of cutting tool materials from the perspective of wear resistance. Tribologia, Finnish Journal of Tribology, Special Issue on Tribology in Metal Cutting. Vol. 12/1993 nro 2-3, pp. 20...35
- /302/ Työstökonealan kehitys ja trendit. Yleiskatsaus Hannoverin 10.EMO:oon. Konepajamies 46(1993):11, s. 12...15
- /303/ Kierrätys konepajateollisuudessa. Kunnossapito 7(1993):7, s. 38...41 1994
- /304/ Konepajatekniikka. TKK, Konepajatekniikan laboratorio, moniste 1994. 93 s. Päivitys vuosittain.
- /305/ T-Drill vie osaamistaan maailmanlaajuisesti. Konepajamies 47(1994):1-2, s. 20...21
- /306/ Turbolasereita monipuoliseen käyttöön. Konepajamies 47(1994):1-2, s. 28...29
- /307/ 25. BIAS esitteli automaatiota, instrumentointia ja mikroelektronikkaa. Konepajamies 47(1994):1-2, s. 40...41
- /308/ FMS-koneistettuja Valuja Laihialta. Konepajamies 47(1994):1-2, s. 44...45
- /309/ Kierrätys tuli konepajoihin. Uusio-Uutiset. Hyötykäytön ammattilehti 2/94, s. 16...18
- /310/ Kallista joustavuuttako? Konepajamies 47(1994):3, s. 39
- /311/ Automaation ja tietotekniikan merkitys teollisuudelle. Materiaalitalous 30(1994):2, s. 10...13
- /312/ Entwicklung der Automatisierung der Produktion in Finnland - Beitrag zur Struktur-entwicklung. Tagungs-unterlagen zum 2. Beckmannkolloquium. 03.-04.06.1994 Wismar, BRD
- /313/ Kuivana lastuaminen - haave vai pakko. Konepajamies 47(1994):5, s. 40...41
- /314/ Kauppinen, V., Paro, J., Nieminen, I., Enbom, S., Karlund, J., Saarinen, K., Säämänen, A., Tanttari, J., Suurnopeusjyrsinnän työturvallisuus, Loppuraportti. TKK Konetekniikan osasto, Konepajatekniikan laboratorio, julkaisu KPT 4/94. 71 s.
- /315/ Työkalupinnoitteet suomalaisissa konepajoissa. Seminaarin Pinnoitteet lastuavissa työkaluissa moniste 20.06.1994, Espoo. 9 s.
- /316/ 8. Metav - saksalainen täsmänäyttely. Konepajamies 47(1994):6, s. 20...22
- /317/ Kuivana lastuaminen. TKK, Konetekniikan osasto, Konepajatekniikan laboratorio, julkaisu KPT 5/94. 20 s.
- /318/ Työstökonealan alasajo jatkuu. Konepajamies 47(1994):7-8, s. 38...39
- /319/ Konepajatekniikan näkymistä. Finntec94 virallinen messujulkaisu. Suomen Messut Finnexpo. Messumedia Oy, Helsinki 1994, s. 6...9
- /320/ Käytetty työstökone säästää investointimarkkoja. Finntec94 virallinen messujulkaisu. Suomen Messut Finnexpo. Messumedia Oy, Helsinki 1994, s. 27...28
- /321/ Konepajat ja ympäristö. Finntec94 virallinen messujulkaisu. Suomen Messut Finnexpo. Messumedia Oy, Helsinki 1994, s. 77...79
- /322/ Liang, L., Hänninen, H., Paro, J., Kauppinen, V., Active Wear and Failure Mechanisms of TiN - Coated HSS and TiN -Coated Cemented Carbide Tools when Machining HIPped Stainless Steels. Materials Issues in Machining-II and The Physics of Machining Processes-II. Edited by David A. Stephenson, Robin Stevenson. A Publication of The Minerals, Metals & Materials Society. Proceedings of Material weeks '94, Chigago, Illinois, USA, pp. 23...51
- /323/ Kuka ostaa kaikki työstökoneet? (pääkirjoitus) Metallitekniikka 47(1994):11, s. 6
- /324/ Sähkön pioneeriajoista (kirja-arviointi). Helsingin Sanomat 26.11.1994, s. D2 1995
- /325/ TKK:n Konepajatekniikan nykynäkymiä. Laiho, J. (toim.), Robotit tulevat. TKK, Koneinsinööriosasto, Valmistustekniikan kerho - VTK, s. 5...6
- /326/ Lastuamistekninen sanasto Suomi-Englanti-Saksa-Ruotsi. Metalliteollisuuden Keskusliitto MET, Tekninen tiedotus 1/95. 149 s.
- /327/ Kuivana lastuaminen (Dry Cutting). Tribologia Finnish Journal of Tribology 14(1995):1, s. 31...38
- /328/ Pohjala, P., Nieminen, M., Kauppinen, V., Konepajan tietotyön kehittäminen. Työsuojelurahaston rahoittaman tutkimushankkeen Konepajan tietotyön kehittäminen loppuraportti. TKK Konepajatekniikan laboratorio, julkaisu KPT 3/95. 77 s. + liitteitä
- /329/ Lastuamisneste on ekologinen loukku. Metallitekniikka 48(1995):2, s. 32...33
- /330/ Öljyisten vesien käsittelyä Lahdessa. Metallitekniikka 48(1995):2, s. 40
- /331/ Tavarantarkastaja on alansa ammattilainen. Metallitekniikka 48(1995):4, s. 14
- /332/ Superkovat teräaineet harvojen herkkua. Metallitekniikka 48(1995):4, s. 20...21
- /333/ Kauppinen, V., Nieminen, I., Paro, J., Suurnopeuskoneistus - kirjallisuusluettelo. TKK Konepajatekniikan laboratorio. Julkaisu TKK KPT 4/95. 18 s.
- /334/ Paro, J., Nieminen, I., Kauppinen, V., High-Speed Machining of Materials with Low Machinability. Helsinki University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering, Laboratory of Production Engineering, Report KPT 6/95. 31 s.
- /335/ Eurooppalaiset työstökoneet Milanon päättähtinä. Metallitekniikka 48(1995):5, s. 42...45
- /336/ Viron metallimessut pienestä alusta kasvuun. Metallitekniikka 48(1995):6, s. 42
- /337/ Välttömiä ratkaisuja kokoonpano-ongelmiin. Metallitekniikka 48(1995):7, s. 42...43
- /338/ Jumbopuristin Mersulle. Metallitekniikka 48(1995):7, s. 52
- /339/ Maailmanmestariluokalla. Metallitekniikka 48(1995):8, s. 10
- /340/ Masina- ja metallitööstuse arenguteed Euroopas (Development of engineering industries in Europe). Instrutech '95, Esimene rahvusvaheline tööriistade, tööstusseadmete ja tööstustehnoloogia mess baltikumis 28.-30. novembril 1995, s. 4...12
- /341/ NC-koneiden historiaa ja kehitysnäkymiä. FM-teknikka. Valmistustekniikan kerho, Koneinsinööriosasto, TKK, Espoo, 1995, s. 5...11
- /342/ Laadukkaan alihankinnan yhteistyöverkko. Metallitekniikka 48(1995):9, s. 18
- /343/ X-työstökoneet valmiit markkinoille. Metallitekniikka 48(1995):9, s. 26...27
- /344/ Aseistautuminen konepajatekniikan veturina. Metallitekniikka 48(1995):9, s. 36...37

- 1996
- /345/ Aseistautuminen konepajatekniikan veturina. Luku kirjassa Sotatietoa. Pääesikunnan Materiaalihallinto-osasto, Sotatiedustelu Seura - Krigsekonomska förbundet r.y., Helsinki 1996, s. 255...265
- /346/ Suomalainen osaaminen tuottaa luotettavia suurkeittolaitteita. Aromi 29(1996):1, s. 26
- /347/ Virolais-suomalainen Instrutec '95 Tallinnassa. Metallitekniikka 49(1996):1, s. 42...45
- /348/ Hankintakontakti. Käytetyt työstökoneet - työstökoneiden kunnostus ja huolto. TKK Konepajatekniikan laboratorio. Julkaisu TKK KPT 3/96. 26 s.
- /349/ Suomalaiset polkupyörät ovat suomalaisia. Metallitekniikka 49(1996):3, s. 43
- /350/ Elintarviketeollisuuden suomalaisia laitteita. Metallitekniikka 49(1996):3, s. 44...45
- /351/ Unkarissa uskotaan pienyrityksiin. Metallitekniikka 49(1996):5, s. 39
- /352/ Uusilla ideoilla markkinoille. Metallitekniikka 49(1996):5, s. 42...44
- /353/ Perustekniikkaa ja teollisuustaloutta. Metallitekniikka 49(1996):6, s. 131...132
- /354/ Laizhu, J., Paro, J., Hänninen, H., Kauppinen, V., Oraskari, R., Comparison of grindability of HIPped austenitic 316L, duplex 2205 and super duplex 2507 and ascast 304 stainless steels using alumina wheels. Materials Processing Technology 62(1996), pp. 1...9
- /355/ Laizhu, J., Hänninen, H., Paro, J., Kauppinen, V., Active Wear and Failure Mechanisms of TiN-Coated Cemented Carbide Tools When Machining Powder Metallurgically Made Stainless Steels. Metallurgical and Materials Transactions A 27A(1996)September, pp. 2796...2808
- /356/ Nieminen, I., Paro, J., Kauppinen, V., High-Speed Milling of Advanced Materials. Journal of Materials Processing Technology 56(1996), pp. 24...36 1997
- /357/ 40 vuotta instrumentointia ja automaatiota. Metallitekniikka 50(1997):1, s. 48...49
- /358/ Suomalaisen timanttipinnoituksen pioneeri-työtä. Metallitekniikka 50(1997):2, s. 46
- /359/ Pölypäästöt - kuivana lastuamisen hintako? Metallitekniikka 50(1997):2, s. 51
- /360/ Niemelä, R., Kauppinen, V., Ekouhka on metallin mahdollisuus. Metallitekniikka 50(1997):5, s. 54...55
- /361/ Suurnopeuskoneistus, mitä se on? K0511/97 AEL Insko Suurnopeuskoneistus - seminaari 23.05.1997 Helsinki. 4 s.
- /362/ Metalliteollisuus Suomen talouselämässä. Luku MI Konepajan tuotantotekniikan kirjasarjan osassa: Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät. WSOY 1997, s. 24...36
- /363/ Konepajat ja ympäristö. Luku EE Konepajan tuotantotekniikan kirjasarjan osassa: Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät. WSOY 1997, s. 71...78
- /364/ Kokoonpano. Luku AS Konepajan tuotantotekniikan kirjasarjan osassa: Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät. WSOY 1997, s. 111...127
- /365/ Tuotesuunnittelun ja valmistuksen yhteistoiminta - niksivihoista simultaanisuunnitteluun. Luku CE Konepajan tuotantotekniikan kirjasarjan osassa: Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät. WSOY 1997, s. 275...298
- /366/ Levytyöt. Konepajan tuotantotekniikan kirjasarjan osassa: Levytyö- ja työvälinetekniikat, WSOY 1997, s. 1...111
- /367/ Teräsiirteet. Konepajan tuotantotekniikan kirjasarjan osassa: Koneistustekniikat, WSOY 1997, s. 33...71
- /368/ Lastuamismenestys. Konepajan tuotantotekniikan kirjasarjan osassa: Koneistustekniikat, WSOY 1997, s. 116...132
- /369/ Lastuamistekninen sanasto ja palveluhakemisto. Konsulttitoimisto Kauppinen ja Krons Oy, Helsinki 1997 (MET 1/95 laajennettu 2. painos). 156 s.
- /370/ Omaisuus tallessa - suomalaisessa kassakappissa. Tekniikan Waiheita 15(1997):3, s. 19...26
- /371/ Kauppinen, V., Lakso, T., EMO kurkisti tulevaisuuteen. Metallitekniikka 50(1997):9, s. 12...23
- /372/ Kovasorvausta kartetaan turhaan. Metallitekniikka 50(1997):9, s. 50...51
- /373/ Automatisierung hilft bei der Umstrukturierung. Menschen & Märkte Gastkommentar. technik report, Oktober 1997, s. 500
- /374/ Heckert heiteltävänä. Metallitekniikka 50(1997):10, s. 41 1998
- /375/ Standardiauto muuntuu kylmäkuljetuksiin sopivaksi. Ruoka kulkee entistä turvallisemmin. Aromi 1998:3, s. 97
- /376/ Ekotehdas. 11. Konepajatekniikan päivä, TTKK, Tampere 15.04.1998, seminaarimoniste. 4 s.
- /377/ Rautasäntötehtaita ja -tehtailijoita. Tekniikan Waiheita 16(1998):2, s. 22...27
- /378/ Uudet ideat avaavat markkinoita. Metallitekniikka 51(1998):6, s. 58...59
- /379/ Euroopan sitkeät sissit. Sarlin 360 astetta. 988:3, 07.09.1998, s. 1
- /380/ Ontot työkalutyvet: täyttä tavaraa vai silkkoa sisältä? Metallitekniikka 51(1998):7, s. 92...95
- /381/ Chigagon IMTS on show Amerikan malliin. Metallitekniikka 51(1998):8, s. 18...19
- /382/ Työstökoneiden kehitys - kohti hämähäkikoneita? K0371L/98 I AEL Insko Tuotantohenkilöstön konepajapäivä -seminaari 08.09.1998 Helsinki. 7 s.
- /383/ Ekotehdas. OtaEco '98 tietoisuus 25.11.1998. 2 s.
- /384/ Toiveita ja pettymyksiä - merkintöjä suomalaisesta tulitikkuteollisuudesta. Tekniikan Waiheita 16(1998):4, s. 49...58
- /385/ Paro, J., Kauppinen, V., Lastuamisarvojen ja konepajojen menetelmäsuunnittelun Benchmarking-tutkimus. Teknillisen korkeakoulun Konepajatekniikan laboratorion julkaisuja TKK-KPT-2. Espoo 1998. 42 s + liitteitä.
- /386/ Paro, J., Kauppinen, V., Machinability of new high strength stainless steels. Helsinki University of Technology, Department of Mechanical Engineering, Laboratory of Production Engineering TKK-KPT-5. Espoo 1998. 31 p. 1999
- /387/ Huvennutta menetelmäosaamista etsimässä. Metallitekniikka 52(1999):1, s. 38...39
- /388/ Toisen Saksan työstökoneita - merkintöjä DDR-kauden työstökoneiteollisuudesta. Teknillisen korkeakoulun Konepajatekniikan laboratorion julkaisuja TKK-KPT-1. Espoo 1999. 15 s.
- /389/ Satavuotias Niles-Simmons juhli täysin tilauskirjoin ja "Toisen Saksan" työstökoneita. Metallitekniikka 52(1999):3, s. 44

- /390/ Rautasänkyjä Lahdesta. Päijät-Hämeen Tutkimusseuran vuosikirja 1998. Päijät-Hämeen Tutkimusseura ry, Lahti 1999, s. 15...30
- /391/ Tulitikkuja Lahdesta ja muualta. Päijät-Hämeen Tutkimusseuran vuosikirja 1998. Päijät-Hämeen Tutkimusseura ry, Lahti 1999, s. 31...43
- /392/ Haasteiden aika, A time of challenges. Kolmen vartin aika 99. 75 vuotta uusinta tekniikkaa SKS-tekniikka Oy 1999, s. 39...40 ja 43...44
- /393/ Die Ökowerkstatt - neue Formen der umweltverträglichen Produktion. Referateband zum 3. Beckmannkolloquium am 04. und 05. Juni 1999. Vortrag 19. 3 s.
- /394/ Pariisin EMO pudotti Hannoverin tähdet. Metallitekniikka 52(1999):6, s. 16...19
- /395/ *Paro, J., Hänninen, H., Kauppinen, V.*, Tool wear and machinability of X5 CrMnN 18 18 stainless steels. Proceedings of the International Conference on Advances in Materials and Processing Technologies AMPT '99, Dublin City University, 3 - 6 August, 1999, Dublin Ireland, Volume I, pp. 549...558
- /396/ O.E. Huhtamo 05.11.1916 - 29.05.1999 (nekrologi). Metallitekniikka 52(1999):7, s. 32
- /397/ Aachenin perspektiivit. Metallitekniikka 52(1999):7, s. 56...57
- /398/ Mitä hyötyä on standardeista. SFS-tiedotus 31(1999):4, s.10 (SFS-tiedotuksen juhluvuoden kirjoituskilpailun voittanut artikkeli)
- /399/ Hexapodit vielä odotusasemissa, Työstökoneiden kehityksessä mielenkiintoiseen vaiheeseen. Rahoitusuutiset. Merita Rahoitus Oy 1999, s. 4
- /400/ *Huhta, P., Sjöblom, G., Kauppinen V.*, Konepajojen ympäristöhallinta. Teknillisen korkeakoulun Konepajatekniikan laboratorion julkaisuja TKK-KPT-2. Espoo 1999. 86 s. + liitteitä
- /401/ Näkymiä vaikeasti koneistettavien materiaalien työstämisestä. Tuotantotekniikan päivät 01-02.12.1999, Lappeenranta. 3 s. + liitteitä
- /402/ *Ranta, P., Paro, J., Kauppinen, V.*, Työkalujen pyörintätarkkuudesta, vaikutus työstöön ja asentovirheeseen. Teknillisen korkeakoulun Konepajatekniikan laboratorion julkaisuja TKK-KPT-4/99. Espoo 1999. 55 s. 2000
- /403/ *Kauppinen, V. ja työryhmä*, Työkalujen sekatavarakauppa (Cimsource-ohjelma). Metallitekniikka 53(2000):1, s. 32
- /404/ Näin Sveitsissä. Metallitekniikka 53(2000):3, s. 40
- /405/ Lastuja hankalasti koneistettavista materiaaleista. TKK, Konepajatekniikan päivän 05.04.2000 seminaariaineisto. 3 s.
- /406/ *Paro, J., Hänninen, H., Kauppinen, V.*, Drilling of hiped P/M and conventional duplex stainless steels. Proceedings of the 2nd international DAAAM conference 27-29th April, Tallinn, Estonia, pp. 93...104
- /407/ *Väisänen, T., Kauppinen, V.*, Drilling and tapping of hard tempered steels. Proceedings of the 2nd international DAAAM conference 27-29th April, Tallinn, Estonia.
- /408/ *Paro, J., Hänninen, H., Kauppinen, V.*, Tool wear and machinability of hiped P/M and conventional duplex stainless steels. International DAAM Proceedings of the 2nd international conference 27-29th April 2000, Tallinn, Estonia.
- /409/ Antoisia Metav -näyttely. Metallitekniikka 53(2000):7, s. 54...56
- /410/ Armament as the catalyst of Production Engineering. ICOHTEC 2000 Praha 22.-25.08.2000 seminaarijulkaisu, referaatti, p. 136 (jaettu esitys 5 s.)
- /411/ Suurnopeuskoneistuksen käsitteistä ja käytännöstä. Fastems 2/2000, s. 3
- /412/ Levy peilaa valmistustekniikan kehitystä. Metallitekniikka 53(2000):11, s. 26...27 2001
- /413/ Katsaus lastuavan työstön kehityksen painopistealueisiin. AEL Insko-seminarit K0531/01. 11 s.
- /414/ Autotehdas taustoineen insinöörin kokemana (arvointi kirjasta Linnoinen, J. ja Siukosaari, A. (toim.) Katto pois). Metallitekniikka 54(2001):1, s. 29
- /415/ Pellistä Perlokseen (arvointi kirjasta Pellistä Perlokseen. Oy G.W. Sohlberg Ab:n historia 1876-2001). Metallitekniikka 54(2001):2, s. 36...37
- /416/ Sauvakinemaattiset työstökoneet, Koneistuksen uusi höyhensarja. Metallitekniikka 54(2001):2, s. 38...41
- /417/ *Hämäläinen, M. ja Kauppinen, V.*, Kokoonpanorobotista tuli työstökone. Metallitekniikka 54(2001):2, s. 42...44
- /418/ Vannesahaus myötätuulessa. Metallitekniikka 54(2001):4, s. 49...53
- /419/ Työstökoneita tarpeeseen. Merkintöjä lastuvien työstökoneiden suomalaisesta valmistuksesta 1940- ja 1950 -luvulla. Tekniikan Waiheita 19(2001):1, s. 5...14
- /420/ Ammattikunnista elinkeinovapauteen. Keksintöuutiset 2001:2, s. 13...15
- /421/ *Väisänen, T., Kauppinen, V.*, Drilling and tapping of hard tempered steel. K1.1/ ICPR - 16 Summaries 5, Streams 6 + 8: Design, Rapid Prototyping, Cutting Process, Materials, manufacturing. 16th International Conference on Production Research 29 July - 3 August 2001, Praque, Czech Republic. Summary julkaisun p. 16, koko esitys 8 s. vastaavalla CD-romilla.
- /422/ Teräskankien varastosovellutuksista uutta potkua puutavaran rationaaliseen käsittelyyn. Puumies 46(2001):9, s. 76
- /423/ *Hämäläinen, M., Kauppinen, V., Luojus, T.*, Taas ennätysten EMO. Metallitekniikka 54(2001):7, s. 52...57
- /424/ *Paro, J., Hänninen, H., Kauppinen, V.*, Tool wear and machinability of HIPed P/M and conventional cast duplex stainless steels. Wear 249(2001), pp. 279...284
- /425/ *Aaltonen, K., Kauppinen, V. ja Tuomola, I.*, Työkaluteollisuus ohittaa aseistautumisen konepajatekniikan tiennäyttäjänä Miekat muoteiksi. Metallitekniikka 54(2001):9, s. 33...41
- /426/ Bibliografia: Suomalainen metalliteollisuus. Teknillisen korkeakoulun Konepajatekniikan laboratorion julkaisuja TKK-KPT-7/2001. 46 s.
- /427/ Nya band ger fart på bandsågen. Verkstäderna 97(2001):10, s. 12...13
- /428/ Emag siirtyi portaaleista yläkarsaihin pickupeihin. Metallitekniikka 54(2001):11, s. 28...31
- /429/ Näin Tukholmassa (Tekniikan museo Tukholmassa). Tekniikan Waiheita 19(2001):4, s. 42...43 2002
- /430/ Rationalisointi kehityksen peilinä (kirja-arvio). Metallitekniikka 55(2002):1, s. 30...31
- /431/ Hoonausta Leonardo da Vincistä 2000 -luvulle. Metallitekniikka 55(2002):3, s. 49...52

- /432/ Käytetyn työstökoneen hankinta kynnys on Suomessa vielä korkea. Metallitekniikka 55(2002):3, s. 57
- /433/ Onninen investoi sahaukseen. Metallitekniikka 55(2002):3, s. 61, julkaistu myös Metallitekniikka Konepajamies FinnTech -messulehdessä 1. messupäivä 23.04.2002, s. 18
- /434/ Adamas - voittamaton. Metallitekniikka 55(2002):3, s. 63...69
- /435/ Katsaus lastuavan työstön menetelmien ja laitteiden viimeaikaiseen kehitykseen. AEL Insko-seminaarit K0531/02. 7 s.
- /436/ Pistehitseistä puristusliitoksia. Metallitekniikka 55(2002):4, s. 43
- /437/ Saksan seitsemän lihavaa vuotta ohi. Metallitekniikka 55(2002):4, s. 44
- /438/ Environmentally reducing of coolants in metal cutting. University "Constantin Brancusi", Faculty of Engineering, 8-th International Conference Targu-Jiu, Romania. 4 p. (myös CD:llä)
- /439/ *Hämäläinen, M. ja Kauppinen, V.*, Baijerilainen laakeriliitto. Metallitekniikka 55(2002):5, s. 12...17
- /440/ Reducing of coolants in metal cutting. Plenary paper. 2nd international conference Research and development in mechanical industry RaDMI 2002 02. - 0.4. September 2002, Vrnjacka Banja, Yugoslavia. Proceedings Volume 1 pp. 1...4 ja sama serbiankielisenä Smanjenje sredstava za hladenje u obradi rezanjem Proceedings Volume 3 pp. 1135...1138
- /441/ *Väisänen, T., Kauppinen, V.*, Drilling and tapping of hard tempered steel. 2nd international conference Research and development in mechanical industry RaDMI 2002 02. - 0.4. September 2002, Vrnjacka Banja, Yugoslavia. Proceedings Volume 1 pp. 452...457
- /442/ METAV - Düsseldorfin pikku EMO. Metallitekniikka 55(2002):7, s. 59...65
- /443/ AWK - Aachenin koppava kollokvio. Metallitekniikka 55(2002):7, s. 67
- /444/ *Kauppinen, V., Varis, J.*, Puristusliitokset yleistyvät ja kiinnostavat ohutlevytuotteiden valmistajia. Ohutlevy 2002:2, s. 18...21
- /445/ Nu köper stålgrossisterna bandsåg i stället för cirkelsåg. verkstadsTidningen 2002:9, s. 38...41
- /446/ The eco-friendly cooling in machining. Tribologia - Finnish Journal of Tribology, Volume 21/2002, Suomen tribologiyhdistys The Finnish Society for Tribology, pp. 10...14
- /447/ Ionisoitu ilma jäähdyttää terää tehokkaasti. Metallitekniikka 55(2002):10, s. 43
- /448/ Levyalan kansainvälinen näyteikkuna – tuottavuutta yksittäisten koneiden sijaan. Metallitekniikka 55(2002):10, s. 44...49
- /449/ The New Eco-Friendly Cooling Innovation in Machining. 2002 Seventh International Pacific Conference on Manufacturing & Management, Proceedings Volume One, November 27 29, 2002 Bangkok - Thailand, pp. 165...170 2003
- /450/ Hivellys hellii pintaa. Metallitekniikka 56(2003):3, s. 22...23
- /451/ Järkeä hiomalaikkoihin. Metallitekniikka 56(2003):3, s. 49
- /452/ High speed machining of hard-to-machine materials. 4th International Conference on Metal Cutting and High Speed Machining ICMC, March 19th to 21st, 2003, Darmstadt. 3 s.
- /453/ Armament as the Catalyst of Production Engineering - a Few Examples. The 28th Annual ARA Congress, American-Romanian Academy of Arts and Sciences, "Constantin Brancusi" University of Targu-Jiu, Romania June 3rd-June 8th, 2003. 4 p.
- /454/ The First World War - a Gateway for Finnish Machine Tool Exports to Russia. Presented in XXX Symposium of the International Committee for the History of Technology ICOHTEC 2003 August 21st-26th, 2003 St Petersburg-Moscow, Russia 9 p. Abstract in the seminar proceedings, pp. 71...72
- /455/ Ovatko innovaatiot sotateollisuuden lapsia? Luku kirjassa: Studia Generalia 2003. Mikä on oikein? Helsingin yliopiston Vapaan sivistystyön toimikunta. Kevät 2003, s. 23...30
- /456/ High-Speed Milling - some examples. Plenary paper. International Science and Engineering Conference "Machine-building and technosphere of the XXI century". September 8 - 14 the 2003, Sevastopol, Ukraine, pp. 106-109
- /457/ Satavuotias ämpärintekijä (Galvanoimis Oy:n historiikin referaatti). Metallitekniikka 56(2003):3, s. 49
- /458/ Parakin perältä pörssiyrityksi (Perlos Oy:n historiikin referaatti). Metallitekniikka 56(2003):3, s. 49
- /459/ Suurnopeusjyrsintä. Teknologiateollisuus ry, Tekninen tiedotus nro 07/2003. 32 s.
- /460/ Taivutuskulman automaattinen mitta. Ohutlevy 2/2003, s. 30
- /461/ Niititöntä niittausta - TOX 25 vuotta. Ohutlevy 2/2003, s. 46...47
- /462/ EHT taivuttaa kerralla valmiiksi. Ohutlevy 2/2003, s. 68
- /463/ *Kauppinen, V. ja Paro, J.*, High-Speed Milling - a few examples. Plenary paper. 3rd international conference Research and development in mechanical industry RaDMI 2003. 19-23. September 2003 Herceg Novi, Serbia and Montenegro. Plenary session, pp. 56...59
- /464/ Messuilla messuille. Metallitekniikka 56(2003):10, s. 48...53
- /465/ Milling tools in high-speed machining of different materials. International Conference on economic engineering and manufacturing ICEEMS 2003, Brasov, Romania 23-24 October 2003, pp. 243...250
- /466/ Milano jäi EMO-kartalle (EMO-työstökone-näyttelyn katsaus). Metallitekniikka 56(2003):11, s. 39...43
- /467/ Muutostrendit metalliteollisuudessa. AEL Insko -seminaarissa Koneistusprosessi 2004 Up to Date 16. -17.12.2003 Helsinki. 5 s. + liitteitä 2004
- /468/ Konepajavalmistuksen tekniset sekä tuotannonlliset kehitysnäkymät ja haasteet. Tulevaisuuden tuotantotekniikat 17.-18.02.2004. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Lappeenranta 2004. 5 s.
- /469/ Metav tuplattuna (Metav-työstökone-näytelyiden ennakkokatsaus). Metallitekniikka 57(2004):2, s. 14
- /470/ Hitsattavat palkit tehokkaasti poikki. Hitsaustekniikka 54(2004):1, s. 43...44
- /471/ Puristusliitokset korvaavat pistehitsejä. Hitsaustekniikka 54(2004):1, s. 45...46
- /472/ Toivo "Topi" Mäkinen pajan kynnykseltä pa-perikoneita tekemään (henkilökuva). Konepajamiehet ry Helsingin paikallisosasto 40 vuotta. TT:n monistamo, Helsinki 2004, s. 8...11

- /473/ Konepajamiesten teräaineista. Konepajamiehet ry Helsingin paikallisosasto 40 vuotta. TT:n monistamo, Helsinki 2004, s. 12...16
- /474/ Ekotehdas. Konepajamiehet ry Helsingin paikallisosasto 40 vuotta. TT:n monistamo, Helsinki 2004, s. 28...30
- /475/ Irti maasta. Metallitekniikka 57(2004):4, s. 57...59
- /476/ Kovametallia reikiin. Metallitekniikka 57(2004):4, s. 61...63
- /477/ High-Speed Milling - a new Manufacturing Technology. Proceedings of the 4th International DAAAM conference. Industrial Engineering - new Challenges to SME. 29-30th April 2004, Tallinn University of Technology, Tallinn, Estonia 2004, pp. 134...137
- /478/ Kovametallia reikiin. Metallitekniikka Konepajamies FinnTec-messulehti 4. messupäivä perjantai 14.05.2004, s. 6
- /479/ Suomen konepajateollisuuden vahvuudet ja kehityskohteet - miten saamme töitä Suomeen. AEL Insko -seminaarissa Koneistus kilpailukykyiseksi 2004 02. - 03.06.2004 Helsinki. 5 s.
- /480/ Vorrichtung zur Kühlung der Schnittzone mit ionisierter Luft. Der Vortrag in 4. Beckmannkolloquium am 04. und 05. Juni 2004 in Wismar, Germany. 6 s.
- /481/ Johann Beckmann - mekaanisen teknologian tieteilijä. Tekniikan Waiheita 22(2004):1, s. 29...30
- /482/ Risteilymatkalla museoon Tukholmassa. Tekniikan Waiheita 22(2004):1, s. 44
- /483/ From Rotating Files to parallel kinematics - a Treatise on Milling and Milling Machines. XXXI Symposium of the International Committee for the History of Technology ICOHTEC 2004, August 17th - 22nd 2004, Bochum, Germany 9 p.
- /484/ Mukava 13. Metav Düsseldorfissa. Metallitekniikka 57(2004):27, s. 35...37
- /485/ The wear resistance of cutting tool materials from the perspective of high-speed milling. XIIIth International Baltic Conference Engineering Materials & Tribology 2004 September 23 - 24, Riga Latvia, pp. 89...93
- /486/ Drilling of hard materials using solid carbide tools. Academia Romana, Romanian Journal of Technical Sciences, Applied Mechanics, Tome 49, Special Number 2004. Proceeding of the International Conference on Manufacturing Systems ICMaS 2004 University Politehnica of Bucharest, Romania 07th - 08th October 2004, Editura Academiei Romane, Bucuresti 2004, pp. 261...264.
- /487/ Lasereita Hannoverissa (Euroblech 2004 näyttelykatsaus). Metallitekniikka 57(2004):11, s. 34...35
- /488/ Teho- ja suurnopeuskoneistuksen rajankäyntiä. Metallitekniikka 57(2004):11, s. 36
- /489/ Teknikkojen Seurasta Tekniikan Akateemisten Liittoon (arvioni kirjasta: Aunesluoma, J., Nykyaikaa rakentamassa). Tekniikan Waiheita 22(2004):4, s. 85
- /490/ Drilling of hard materials using solid carbide tools. World Journal of Engineering 2(2004):1, SSN: 1708 - 5284, pp. 67...73 2005
- /491/ Selvitys autonomisen tuotantoteknologian tutkimuksesta Saksassa ja siihen liittyvä tutkijanvaihtoyhteyksien valmistelu mahdollisesti alkavaa "Autonominen tuotanto 2010" - teknologiaohjelmaa varten. Loppuraportti. Tekesin tilaama asiantuntijaselvitys. 52 s.
- /492/ Mukautuvia työstökoneita. Työvälineiden valmistajien neuvottelupäivät 27.-28.01.2005. Teknologiateollisuus ry. Seminaariaineisto. 17 s.
- /493/ Nykyaikaa rakentamassa (arvioni kirjasta: Aunesluoma, J., Nykyaikaa rakentamassa). Metallitekniikka 58(2005):1, s. 27
- /494/ Tulevaisuuden mukautuva työstökone Nopeampi, joustavampi, halvempi. Metallitekniikka 58(2005):2, s. 34...37
- /495/ Hämäläinen, M. ja Kauppinen, V., Index ja Traub haluavat pysyä erilaisina Svaabilainen sorviliitto. Metallitekniikka 58(2005):2, s. 40...43
- /496/ Vene autotehtaan opeilla. Metallitekniikka 58(2005):2, s. 50
- /497/ Otto Brandt - suomalaista moottoriurheilua ja kauppaa (kirja-arvioni). Metallitekniikka 58(2005):3, s. 34
- /498/ Dunderbergit - tamperelainen konepaja- ja henkilötarina (kirja-arvioni). Metallitekniikka 58(2005):3, s. 34
- /499/ Helkama - Kotitalouksien satavuotias koneistaja (kirja-arvioni). Tekniikan Waiheita 23(2005):4, s. 56...57
- /500/ The wear resistance of cutting tool materials from the perspective of high-speed milling. Tribologia Finnish Journal of Tribology, Volume 24/2005:1. Suomen Tribologiyhdistys The Finnish Society for Tribology, pp. 28...34
- /501/ Teesejä työstökoneista. Metallitekniikka 58(2005):5 s. 44
- /502/ Konepajateollisuuden rakennemuutos: haaste ja mahdollisuus. Kovako, Kovakone Oy tiedotuslehti 1/2005, s. 10...11
- /503/ Aachenilaisia perspektiivejä 2005. Metallitekniikka 58(2005):7-8, s. 63
- /504/ Hämäläinen, M., Kauppinen, V., EMO palasi lattiatasolle. Metallitekniikka 58(2005):10, s. 26...33
- /505/ Georg Schlesinger. Professori, jonka uran natsit mursivat. Tekniikan Waiheita 23(2005):3, s. 38...39
- /506/ Kehitys kulkee käytännön edellä. Metallitekniikka 58(2005):12, s. 39...41
- /507/ Työstökoneiden tarkistaja karkotettiin maasta. Metallitekniikka 58(2005):12, s. 65...66
- /508/ Kova kilpailu on jakanut uudestaan työstökoneiden markkinat. Kolmas kerta... Metallitekniikka 58(2005):13 Vuosijulkaisu 2005 - 2006, s. 24...25 2006
- /509/ Timanttihammaspyörä rannekelloon. Metallitekniikka 59(2006):2, s. 34
- /510/ Konkari puhuu kokemuksesta. Metallitekniikka 59(2006):3, s. 33...37
- /511/ Silmälasien kehyksiä jyrsimällä. Metallitekniikka 59(2006):3, s. 59
- /512/ Suomen sillat kansissa (Suomen sillat kirjan arvioni). Metallitekniikka 59(2006):3, s. 60
- /513/ Metsäteollisuuden maa (kirja-arvioni). Tekniikka&Talous nro 19 18.05.2006, s. 37
- /514/ Töölöntullin pajassa. Tekniikan Waiheita 24(2006):2, s. 28...30
- /515/ Suomalaista Sisua (kirja-arvioni). Metallitekniikka 59(2006):7-8, s. 79
- /516/ "Topias" - kirjoittava Kauppinen. KauppiViesti, Kauppisten sukuseuran tiedotuslehti nro 1/2006, s. 10...11

- /517/ Peikko hitsaa robotilla. Metallitekniikka 59(2006):9, s. 20...21
- /518/ Puolentoista miljardin omenan urakka. Metallitekniikka 59(2006):10, s. 57...58
- /519/ Puukko on osaamista ja taidetta. Metallitekniikka 59(2006):1, s. 57...58
- /520/ Herefordin siiderimuseo. Tekniikan Waiheita 24(2006):3, s. 44...45
- /521/ Tuoreita kirjoja lyhyesti. Tekniikan Waiheita 24(2006):3, s. 57...59
- /522/ Euroblech ylämäessä. Metallitekniikka 59(2006):12, s. 45...49
2007
- /523/ Veneiden valmistuksen pitkä myötäinen. Metallitekniikka 60(2007):4, s. 32...33
- /524/ Fiskarsin oranssiklassikko täyttää 40 vuotta. Metallitekniikka 60(2007):6 s. 14
- /525/ Fiskarsin oranssiklassikko 40 vuotta. Tekniikan Waiheita 25(2007):2 s. 78...79
- /527/ Audi uskoo alumiiniin. Metallitekniikka 60(2007):7-8 s. 31
- /528/ Penttilän kausi kansissa. Metallitekniikka 60(2007):7-8 s. 43...45
- /529/ Hyvien aikojen EMO. Metallitekniikka 60(2007):10 s. 16...21
- /530/ Jaloteräs henkii Inarijärven tunnelmaa. Metallitekniikka, vuosikirja 60(2007):13 s. 52...54
- /531/ Logistiikkakeskukset hallitsevat materiaalivirrat – Kasto sahojen valmistajasta logistiikkajärjestelmien toimittajaksi. Logistiikka 9/2007 s. 34...36
- /532/ Kontinon teknologiaharppaus. Logistiikka 9/2007 s. 37
2008
- /533/ EMO 2007 Hannoveris - tipphetked ülitööriistade messilt. Inseneeria 1/2008 s. 44...46
- /534/ Kolmen kopla Düsseldorfissa: Metav – Tube – Wire. Metallitekniikka 61(2008):4 s. 29...3
- /535/ Kattavasti muoveista (kirjaesittely). Metallitekniikka 61(2008):7 s. 59
- /536/ Syksy näyttää suunnan. Metallitekniikka 61(2008):9 s. 35...36
- /537/ Laser loisti Euroblechissä. Metallitekniikka 61(2008):11 s. 41...43
2009
- /538/ TOX – neetideta neetimine. Inseneeria 8/2009, s. 38...39
- /539/ Havaintoja Saksan työkaluvalmistuksesta. Työvälineteollisuuden ja Muoviteollisuuden yhteiset neuvottelupäivät 29.-30.01.2009 Naantali, seminaariaineisto 10 s.
- /540/ Tekniikan historiaa postimerkeillä. Tekniikan Waiheita 27(2009):1 s. 44...49
- /541/ Sportitarvete tootjatele on sobiv metalli laserlöikamine. Inseneeria 12/Aprill 4/2009, s. 50
- /542/ Niititöntä niittausta TOXin tavoin. Ohutlevy 1/2009, s. 8
- /543/ Laserpinnoitusta jyrsinkoneessa. Metallitekniikka 62(2009):5 s. 26

Lisäksi useita pienempiä kirjoituksia lehdissä (mm. Insinööriutiset, Kauppalehti, Konepajamies/Metallitekniikka, Rautelainen), kurssijulkaisuja, suomenoksia ym.

Valvottujen diplomitöiden ja muiden tutkimusten pohjalta kirjoitettuja teknisiä tiedotuksia

- /1/ *Nyholm, H.*, Terästen lastuttavuus - Suomessa käytettävät niukkaseosteiset teräset. Tekninen tiedotus 20/81. 91 s.
- /2/ *Mikkonen, M.*, Ohutlevyjen taivutustöiden tehostaminen. Tekninen tiedotus 11/82. 68 s.
- /3/ *Tuominen, K.*, Vihivaunut - automaattinen kuljetusjärjestelmä. Tekninen tiedotus 5/83. 27 s.
- /4/ *Sirén, V.*, Ohutlevyjen käsittelyn kehittäminen. Tekninen tiedotus 18/83. 38 s.
- /5/ *Härkälä, T.*, Lastujen käsittely konepajassa. Tekninen tiedotus 44/84. 40 s. (myös omaa kirjoitusosuutta)
- /6/ *Holopainen, K.*, Ohutlevytöiden tuotannon ohjauksen kehittäminen. Tekninen tiedotus 11/84. 26 s.
- /7/ *Isotalo, O., Mäkinen, O. ja Salo, M.*, NC-koneen käyttösuhteen parantamiskeinojen käyttöön-otto. Tekninen tiedotus 2/85. 51 s.
- /8/ *Bruun, P.*, Tuotannon analysointi ja virtauttaminen. Tekninen tiedotus 14/87. 38 s.
- /9/ *Liukko, T.*, MAP-lähiverkot ja CIM-ajattelutapa konepajojen valmistusjärjestelmissä. Tekninen tiedotus 19/87. 45 s.
- /10/ *Hakulinen, S.*, NC-pyöröhiön kehittäminen. Tekninen tiedotus 12/89. 49 s.
- /11/ *Tölli, A.*, Kapeikkoajattelun käytännön sovelluksia. Tekninen tiedotus 12/90. 35 s.
- /12/ *Järnefelt, G.*, Tuoteprosessien tilastollinen valvonta - SPC. Tekninen tiedotus 20/90. 94 s.

Lisäksi lehtiartikkeleita diplomitöiden pohjalta

Julkaisut, joiden kirjoittajatyöryhmien, johtoryhmien ym. aktiivinen jäsen

- /1/ *työryhmä*, Koneistettavan kappaleen suunnittelu. Metalliteollisuuden Keskusliitto Tekninen tiedotus 3/71. 64 s.
- /2/ *Honka, I.*, Meistettävien kappaleiden suunnittelun yleisohjeita. Metalliteollisuuden Keskusliitto Tekninen tiedotus 23/80. 39 s.
- /3/ *Leppäaho, T.*, Työkappaleen kiinnittäminen. Metalliteollisuuden Keskusliitto Tekninen tiedotus 18/82. 142 s.
- /4/ *työryhmä*, JOT eli juuri-oikeaan-tarpeeseen-tuotannon koulutusaineisto. Metalliteollisuuden Keskusliitto Tekninen tiedotus 24/84. 32 s.
- /5/ *Peuranen, H.*, Jäteainekustannusten pienentäminen ohutlevytyissä. Metalliteollisuuden Keskusliitto Tekninen tiedotus 7/85. 37 s.
- /6/ *Valtanan, E.*, Kustannussäästöt konstruointivaiheessa. Metalliteollisuuden Keskusliitto Tekninen tiedotus 6/86. 96 s.
- /7/ *Malmberg, K.*, Kokoonpanon työkalut ja välineet. Metalliteollisuuden Keskusliitto Tekninen tiedotus 1/87. 19 s.
- /8/ *työryhmä*, Toleranssien ja pinnankarheuksien valinta. Metalliteollisuuden Keskusliitto Tekninen tiedotus 8/87. 52 s.
- /9/ *Laurila, T.*, Tuotestandardisointi. Metalliteollisuuden Keskusliitto Tekninen tiedotus 18/87. 51 s.
- /10/ *Valkama, H., et al.*, NC-tekniikan huomioon ottaminen tuotesuunnittelussa. Metalliteollisuuden Keskusliitto Tekninen tiedotus 3/88. 47 s.
- /11/ *Liukko, T., Torvinen, J. ja Pylkkänen, J.*, Konepaja-automaation mahdollisuudet. Kokemuksia CIM-toteutuksista Euroopan ja USA:n konepajateollisuudessa sekä suomalainen CIM-konsepti. Tekes 1988. 95 s.
- /12/ *työryhmä*, Metallitehdas 2000. Metalliteollisuuden Työnantajaliitto/Metalliteollisuuden Keskusliitto 1989. 46 s.
- /13/ *Andersin, H., Moilanen, E.*, CIMin käyttöönoton edellytyksiä - Yrityksen CIM-infrastrukturi. Suomen Metalli-, Kone- ja Sähköteknisen Teollisuuden Keskusliitto Tekninen tiedotus 12/91. 83 s.
- /14/ *Konttinen, R.*, CIMin käyttöönotto – Yritysesimerkki. Suomen Metalli-, Kone- ja Sähköteknisen Teollisuuden Keskusliitto Tekninen tiedotus 4/92. 110 s.
- /15/ *Kajaste, V., Liukko, T.*, Lean-toiminta. Suomalaisen yritysten kokemuksia. Metalliteollisuuden Keskusliitto Tekninen tiedotus 6/94. 105 s.
- /16/ *Konkola, M., Ranta, P.*, Lastuamisnesteet - hankinnasta hävitykseen. Metalliteollisuuden Keskusliitto, Työsuojelurahasto. MET-julkaisuja 9•96. 41 s.
- /17/ *Huhtinen, J.*, Yritys ja ympäristö, toimintamalli kone- ja metallituoteteollisuudelle. MET-julkaisuja nro 8/97. 120 s.

Valvotut diplomityöt

Lisensiaatintyöt ja väitöskirjat katsotaan tekijöittensä itsenäisiksi teoksiksi, joita ei ole listattu.

Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu

- 1977
- /1/ *Sariola, P.*, Kovametalliteräpalojen kulumis-kestosta ja lastuamiskyvystä sorvaamisessa 1978
 - /2/ *Lahti, A.*, Sorvaus-, poraus- ja jyrsintäkokeiden välinen vertailu eri tavoin seostettujen terästen lastuttavuudessa 1979
 - /3/ *Viik, K.*, Superkalanterin paperitelojen viimeistelytarkkuuden parantaminen.
 - /4/ *Lahtinen, R.*, Dieselveturin ohjaamon ja konesuojien valmistustekninen suunnittelu
 - /5/ *Ahola, J.*, Tutkimus eri tekijöiden vaikutuksista kalvitun reiän mittatarkkuuteen ja pinnanlaatuun
 - /6/ *Räsänen, R.*, Jyrsittävyysmenetelmien kehittäminen nuorrutus- ja hiiletysteräksiä jyrsittäessä 1980
 - /7/ *Markkanen, J.*, Tanko-, putki- ja levyraaka-aineeseen perustuvan tuotannon kehittäminen eräässä metallituotetehtaassa
 - /8/ *Valpio, S.*, Ohutlevytöiden järjestelyjä autokoritehtaassa
 - /9/ *Kaukonen, A.*, Paperikoneen kalanteritelojen sekä graniittitelan hionnassa syntyvien muotopoikkeamien tutkimisesta
 - /10/ *Kuuri, J.*, Tutkimus levyjen poltto-leikkausjärjestelyistä raskasta metalliteollisuutta harjoittavassa konepajassa 1981
 - /11/ *Haaparanta, P.*, Jauhinten terien valmistuksen kehittäminen
 - /12/ *Yläkäs, T.*, Solutuotanto automaattisorvaukseen perustuvassa sarjavalmistuksessa
 - /13/ *Nyholm, H.*, Terästen lastuttavuuden tutkimisesta eri teräsiineillä ja työstömenetelmillä
 - /14/ *Simanainen, M.*, Otsajyrsintä ja -hionta paperikoneen sylinterin vaipan ulkopinnan koneistusmenetelmänä 1982
 - /15/ (yhdessä vt. prof. Sampon kanssa) *Lehtonen, J.*, Sorvien ja porakoneiden tarvekartoitus keskisuudessa metalliteollisuuden yrityksessä 1983
 - /16/ (yhdessä vt. prof. Sampon kanssa) *Tyster, M.*, Tuotannon rationalisointi eräässä alumiini-tuotteita valmistavassa konepajassa
 - /17/ *Linnoinen, I.*, Joustavuus keskisuudessa sarjatuotantoyksikössä

Teknillinen korkeakoulu

- 1981
- /18/ *Huhta-Koivisto, M.*, Luokitusjärjestelmä ja sen käyttö
 - /19/ *Hyysalo, T.*, Layoutsuunnittelu konepajan siirtyessä uusiin tuotantotiloihin 1982
 - /20/ *Mikkonen, M.*, Ohutlevyn taivutuksen rationalisointimahdollisuuksia
 - /21/ *Puronto, A.*, CNC-sorvauksen automatisointi
 - /22/ *Hokkanen, R.*, Ennakoiva kunnossapito rehutehtaassa

- /23/ *Kontu, P.*, CAD/CAM-järjestelmän käyttäminen NC-ohjelmointiin
- /24/ *Herranen, S.*, Vastushitsauksen työturvallisuus
- /25/ *Kyrölä, K.*, Jyrsinkoneen NC-ohjelmoinnin tehostaminen tietokoneen avulla
- /26/ *Erkkilä, A.*, Tuotannonohjausjärjestelmän kehittäminen keskisuudessa konepajassa
- /27/ *Heikkinen, O.*, NC-koneen joustavan käytön parantaminen
- /28/ *Häkkinen, K.*, Ilmastointikojeverstaan suunnittelu eräiseen yritykseen
- /29/ *Laine, V.*, Säästötoimenpiteitten kartoitus ja toteutuksen suunnittelu ilmastointituotteita valmistavassa yrityksessä
- /30/ *Tuominen, K.*, Vihivaunun käytön edellytyksistä tuoteverstaassa 1983
- /31/ *Häyrynen, S.*, Karkaistujen kappaleiden työvarojen ja viimeistelymenetelmien optimointi
- /32/ *Peräkylä, P.*, Tutkimus arkkileikkauslinjan käytöstä ohutlevyn leikkaukseen
- /33/ *Laiho, P.*, Alustava tutkimus dieselmootoreiden kampiaksien valmistusmahdollisuuksista Suomessa
- /34/ *Suominen, K.*, Traktorietukuormaimien osien standardisointi ja valmistuksen rationalisointi eräässä konepajassa
- /35/ *Lähdeaho, J.*, Rautatievaunujen pyöräkertojen valmistuksen kehittämisestä
- /36/ *Mattlar, S.*, Ohutlevytyöstöön soveltuvan joustavan valmistusjärjestelmän (FMS) suunnittelu
- /37/ *Sirén, V.*, Ohutlevyn käsittely konepajassa
- /38/ *Packalén, J.*, Lastuamisparametrien valinta eräissä käytännön työstötapauksissa
- /39/ *Takala, H.*, Strategiaan perustuva konepajan uotantojärjestelmän suunnittelu siirryttäessä uusiin tuotantotiloihin
- /40/ *Haavisto, T.*, Hitsausrobotin hankinta osana konepajan kehitystoimintaa
- /41/ *Vuorelma, P.*, CNC-sorvin ohjelmointi vuorovaikutteisella ohjausjärjestelmällä 1984
- /42/ *Vettenranta, M.*, Konepajan toiminnan muuttaminen funktionaalisesta ryhmätuotantoon
- /43/ *Väisänen, P.*, Ilmastointikojien valmistuksen kehittäminen
- /44/ *Härkälä, T.*, Hukkamateriaalin käsittely konepajoissa
- /45/ *Fontell, P.*, Kuorimakoneiden valmistuksen läpäisyajan lyhentäminen
- /46/ *Forsström, R.*, Sahalaitosten terähuolto
- /47/ *Holopainen, K.*, Ohutlevytöiden tuotannon-ohjauksen kehittäminen
- /48/ *Salo, Markku*, Ehdotus uudeksi valmistuksenohjaukseksi asiakastilauksia tekevän metallituotetehtaan tuotannossa
- /49/ *Hellgren, K.*, Erään koneistusosaston konekannan uusiminen
- /50/ *Ihaniemi, J.*, Lähes varastottoman tuote-verstaan suunnittelu
- /51/ *Saarin, P.*, Tuoteverstaan suunnittelu kierukavaihteen varastottomaan valmistukseen
- /52/ *Salo, Martti*, NC-koneiden käyttösuhteen nostaminen kahdessa sarjatuotantokonepajassa
- /53/ *Vanhala, M.*, Tuotteen lohkotus tuotantoketjun kannalta
- /54/ *Vuorinen, S.*, Hitsauksen robotisointisovellutus
- /55/ *Turtiainen, H.*, Alumiinituotekonepajan materiaalin siirto- ja varastointijärjestelmän kehittäminen

- /56/ *Jalkanen, E.*, Konekannan valinta osaperheiden pohjalta joustavan automaation koneisto-järjestelmässä
- /57/ *Partanen, J.*, Koteloiden valmistuksen rationalisoinnista eräässä tehonsiirtolaitteita tuottavassa konepajassa
- /58/ *Happonen, V.*, Titaaninitridipinnoitetut pikaterästyökalut porauksessa
- /59/ *Serén, K.-J.*, Reducering av ställtider i kabeltillverkning
- /60/ *Elonen, P.*, Hajautettu CAE-järjestelmä - soveltuvuus ja markkinat metalliteollisuudessa
- /61/ *Hulkkonen, H.*, Metalliosien hankinta Kaakkois-Aasiasta
- /62/ *Cedercreutz, K.*, Utveckling av en ventil-producents reservdelfunktion
- /63/ *Niemi, E.*, TiN-pinnoite pikaterästapeilla kierteityksessä
- /64/ *Ylä-Mononen, T.*, Valmistusajan laskennan kehittäminen eräässä keskisuudessa konepajassa 1985
- /65/ *Lindberg, A.*, Joustavan automaattisen koneryhmän suunnittelu akselien valmistukseen
- /66/ *Ekman, P.*, NC-ohjelmoinnin organisointi osana CAD/CAM-järjestelmää
- /67/ *Manner, P.*, Tuotannonohjauksen ja tietokoneavusteisen polttoleikkausjärjestelmän integraatio
- /68/ *Eloranta, J.*, JOT-järjestelmän käyttöönotto ja vaikutukset yrityksessä
- /69/ *Härkönen, C.*, Strukturering av tillverkning och materialflöden vid en flerproduktverkstad
- /70/ *Hyypä, A.*, Tuotannonohjauksen informaatio-tarpeet JOT-tuotannossa
- /71/ *Välilä, V.-M.*, Titaaninitridipinnoitteen paksuuden vaikutus pikaterästyökalujen kulumiseen tasohöyläyksessä
- /72/ *Frigård, K.*, Kuorimarummun valmistuksen läpäsijain lyhentäminen raskaita levyitä tekevässä sekatuotantokonepajassa
- /73/ *Korjus, J.*, Akseliyhdistelmien joustava automaattinen kokoonpano
- /74/ *Taskinen, J.*, Asetusaikojen lyhentäminen koneistussolussa 1986
- /75/ *Iilomäki, L.*, Nosturin teräsrakenteen mittaus
- /76/ *Lassila, A.*, Superkalanterin runkorakenteen valmistuksen läpimenoajan lyhentäminen
- /77/ *Huhta-Koivisto, R.*, Joustavan automaattisen kokoonpanon soveltuvuuden tutkiminen venttiilin ohjainyksikön kokoonpanossa
- /78/ *Hämäläinen, P.*, Kuormaimien juuri oikeaan tarpeeseen (JOT)-tuotanto
- /79/ (yhdessä dos. Karpin kanssa) *Wiggenhauser, M.*, Täytelankojen valinta laivan rungon hitsauksen yleisimpiin kohteisiin
- /80/ *Kurki, A.*, Levytöiden joustava automatisointi yksittäis- ja piensarjatuotannossa
- /81/ *Mäkinen, O.*, NC-koneiden käytön tehostaminen kahdessa konepajassa
- /82/ *Varjotie, J.*, Valmistuksen ja tuotesuunnittelun yhteistyö CAD/CAM-ympäristössä 1987
- /83/ *Salminen, T. I.*, Tuotannonohjaus tuoteverstaustussa konepajassa
- /84/ *Lindh, K.*, Karkealevyn esikäsittelyn tehostaminen numeerisella plasmaleikkauskoneella
- /85/ *Liukko, T.*, CIM-kehitysprojektin tietoliikenteen toteuttaminen joustavassa konepajavalmistuksessa MAP-määrittelyyn pohjautuvien ratkaisujen avulla
- /86/ *Kajaste, T.*, Konstruktiokeraamisten koneen-osien viimeistelytyöstö
- /87/ *Mettälä, K.*, Kunnossapitotöiden suunnittelu meijeriteollisuudessa
- /88/ *Luomi, P.*, Yksittäiskappale-FMC ja sen käyttöönotto prosessiteollisuuden komponentteja valmistavassa yrityksessä
- /89/ *Haakana, M.*, Kokoonpanon kehittäminen testilaitetuotannossa
- /90/ *Väisänen, T.*, Uuden konepajahallin layoutsuunnittelu
- /91/ *Airas, A.*, Traktorin hammasakselien ja -pyörien valmistus
- /92/ *Montén, J.*, Symbolikirjastojen luonti AutoCADilla ja tekninen erittely valmis-ohjelmassa 1988
- /93/ *Vahtera, V.*, Arkkileikkurin osavalmistuksen kehittäminen avainkoneen kapasiteettia lisäämällä ja läpäsijain lyhentämällä
- /94/ *Bruun, P.*, Tuotannon virtauttamisen analysointisystematiikka
- /95/ *Koskinen, M.*, Koneistussolun ohjaus- ja tiedonsiirtojärjestelmän parantaminen yksittäis-tuotantokonepajassa
- /96/ *Laine, A.*, MC-pumpun valmistuksen organisointi tuoteverstaaksi
- /97/ *Glad, T.*, Tuotannonohjauksen tutkiminen
- /98/ *Haikola, M.*, Vastaanottokonepajatuotteiston etsiminen Iso-Britannian markkinoille kehitysyhtiöympäristössä sekä vastaanotto-konepajan toteuttaminen lisenssivalmistajana
- /99/ *Salmensuu, S.*, Joustavan valmistus-järjestelmän (FMS) suunnittelu venttiilitehtaan toimilaitetuotantoon
- /100/ *Vartia, P.*, Teollisuusryhmän tuotteiston nimikestandardi ja sen käyttö
- /101/ *Hakulinen, S.*, Sähkomoottorin roottoriakselien hionta numeerisesti ohjatulla pyöröhiomakoneella
- /102/ *Järnefelt, G.*, Konzeption und Realisierung eines Qualitätssicherungsmoduls als Teilfunktion eines Zellenleitsystems
- /103/ *Lipsunen, K.*, Mikropipetin vaihtokärjen automaattisen pystypakkauslinjan suunnittelu 1989
- /104/ *Dahlström, T.*, Keraamisten konstrukti-osien työstimenetelmät, erityisesti hiominen
- /105/ *Puurunen, P.*, CAD/CAM:n vaikutusten arvioiminen ja investoinnin perustelut konepajassa
- /106/ (yhdessä prof. Mäntylän kanssa) *Tuomi, J.*, Valmistettavuuden analysointi piirpohjaisessa CAD/CAM-järjestelmässä
- /107/ *Ingman, J.*, Tuotantojärjestelmän kuvaus-menetelmät suunnittelun apuvälineenä kappale-tavarateollisuudessa
- /108/ *Merisaari, P.*, Alihankintatoiminnan kehittäminen kaivoskuormaajien valmistuksessa
- /109/ *Pohto, H.*, Numeerisesti ohjatun työstimoneen kytkeminen valmistusjärjestelmään
- /110/ *Tikkanen, A.*, Koneistuksen kapasiteetin lisääminen menetelmiä ja tuotannon ohjausta parantamalla
- /111/ (yhdessä prof. Pietikäisen kanssa) *Sillanpää, H.*, Synteettiset kovat materiaalit - valmistus suurpainetekniikalla
- /112/ *Karppinen, J.*, Suunnitteluautomaatiojärjestelmä paperiradan vianilmaisinpalleille
- /113/ *Suoniemi, H.*, Avainpesien kokoonpanon automatisointi

- 1990
- /114/ *Tupola, H.*, Tuoteryhmän aihoiden koneistus-solun suunnittelu
- /115/ *Heikkinen, J.*, Kuorma-auton rungon asiakas-kohtainen suunnittelu ja valmistus CAD/CAM-järjestelmällä
- /116/ *Kupila, T.*, Tuotetehtaan toiminnan kehittäminen CIM:n keinoin
- /117/ *Poutanen, J.*, Tietokantaperiaate konepajan toiminnan tehostamisessa osana CIM:iä
- /118/ *Salminen, K.*, Puuntyöstöterien teränsuun kovuuden mittauksen tutkiminen
- /119/ *Korpela, S.*, Siltanosturin sähkökomponenttien tuotannon ja pakkauksen kehittäminen sekä nosturin kokoonpanon järjeistämisen
- /120/ *Valtonen, T.*, CAD/CAM-järjestelmät NC-ohjelmoinnissa
- /121/ *Jääskeläinen, J.*, Paperikoneen osia valmistavan tuoteverstaan tuotannonohjaus
- /122/ *Lehtovuori, J.*, Joustavan valmistusjärjestelmän suunnittelu palloventtiilien tuotantoon
- 1991
- /123/ *Kuisma, J.*, Verstaan toiminnanohjauksen kehittäminen CIM:n osana
- /124/ *Tölli, A.*, Alihankintaverstaan tuotannon-ohjauksen tehostaminen kapeikkoajattelun keinoja soveltamalla
- /125/ *Pohjala, P.*, CIM-projektin käynnistäminen ja toiminnanohjausjärjestelmän suunnittelu kone-pajoissa
- /126/ *Ehrnrooth, M.*, Hioma-aineiden taloudellisen käytön tutkiminen ruostumattomia teräksiä ja kobolttipohjaisia seoksia hiottaessa
- /127/ *Ellmén, P.*, Konttiterminaalien korjaamon seurantajärjestelmän kehittäminen
- /128/ (yhdessä prof. Kleimolan kanssa) *Kotamäki, M.*, Paperikoneen telan muotovirheiden korjaaminen sorvaamalla pietsoimilaitteen avulla
- /129/ *Niukkanen, R.*, Kaapelitehtaan tuotannon tehostaminen työmenetelmiä ja tuotannon-ohjausta kehittämällä
- /130/ *Soukka, T.*, Mikrotietokonesovellutuksiin perustuvat konepajojen toiminnan kehittämis-mahdollisuudet osana CIM:iä
- /131/ *Vahala, J.*, Joustava robotisoitu kokoonpan-oautomaatio ja sen koulutus
- /132/ *Väänänen, I.*, Tiedonkeruu osana CIM:iä
- /133/ *Rosendal, J.*, Prosessilaitteen alihankinnan valmistuksen kehittäminen
- 1992
- /134/ *Marttala, J.*, FM-järjestelmän toiminnan suunnittelu solukäyttöön
- /135/ *Kalho, J.*, Joustavan jarrulevyjen valmistuslinjan hankinta ja käyttöönotto sekä hankintasopimusmalli
- /136/ *Hallamaa, K.*, Palloventtiiliverstaan valmistuksen tehostaminen
- /137/ *Huhtamäki, T.*, Jarrumagneetin valmistuksen suunnittelu
- /138/ *Numers, v. T.*, Hitsausparametrivalinnan tuotannolliset vaikutukset pinnoitettujen terästen pistehitsauksessa
- /139/ *Honkonen, S.*, Just in time manufacturing of a small control unit in an assembly factory dealing with subcontractors
- /140/ *Harju, E.*, Titaaninitridipinnoitteen vaikutus vierintäjrjsimien kulumiskestävyyteen
- /141/ (yhdessä prof. Kailan kanssa) *Tuorila J.*, The conflicts in a turnkey project for the U.S. pulp and paper industry
- /142/ *Anttila, J.*, Tuotetehtaan ohjauksen kehittäminen
- 1993
- /143/ *Kehusmaa, J.*, Osaperheen valmistuksen automatisointi FM-järjestelmään liitetyssä solussa
- /144/ *Konkola M.*, Vetokytkintuotannon kehittämis-vaihtoehtojen selvittäminen ja vertailu
- /145/ *Helaskoski, M.*, PC-ohjelmiston soveltaminen valimon strategisessa johtamisessa
- /146/ *Östman, T.*, Lastuamismestien vaikutus titaaninitridipinnoitteen työkulun kulumis-kestävyyteen
- /147/ *Lehtonen, T.*, Hissien korituotannon kehittäminen
- /148/ *Salminen, T.*, Koneistuskeskuksen hankinta ja liittäminen CAD/CAM-järjestelmään
- /149/ *Johansson, J.*, Toiminnan analysointityökalun soveltaminen valimossa
- /150/ *Saikkonen, M.*, Valokaapelin uraelementin valmistusprosessin kehittäminen
- /151/ *Lehtonen, Y.*, Erikoisrakenteisten kierukka-vaihdemoottorien tuotannon edellytysten kartoitus konepajan päätoimialaa täydentävänä tuoteryhmänä
- /152/ (yhdessä prof. Andersinin kanssa) *Kukko, J.*, Solutuotannon mittareiden kehittäminen konepajassa
- 1994
- /153/ *Pitkänen, P.*, Simultaanisunnittelun käyttöön-otto valaisintehtaassa
- /154/ *Tollet, J.*, Materiaalinkäsittelylaitteita valmistavan yrityksen tuotantolaitteiden ennakkoiva kunnossapito
- /155/ *Riihimäki, J.*, Konepajan alihankinnan kehittäminen pienten osien hinnoittelun systematisoinnilla
- /156/ (yhdessä prof. Kleimolan kanssa) *Xillin Y.*, Studying on Machinability & Erosion Wear Resistance of Casting Materials
- /157/ *Mäki, A.*, Oma valmistus alihankinnan vaihtoehtona - case-tutkimus
- 1995
- /158/ *Talvisto, M.*, Implementing DFA (Design For Assembly) in to product design-process
- /159/ *Simo, M.*, Esikäsittelyverstaan toiminnan kehittäminen
- /160/ *Laine, V.*, Välitysosien valmistuksen läpäisyajan lyhentäminen
- /161/ *Sarkima, T.*, Tutkimus korvaavien osien valmistamisesta kriisiaikana puolustusvoimien käytössä olevaan kalustoon
- /162/ *Antola, T.*, Sähkomoottorien ja generaattorien akselien NC-ohjelmoinnin tehostaminen piirremallien avulla
- 1996
- /163/ *Pilviö, M.*, Tuotetehtaan valmistuksen ja tuotannonohjauksen kehittäminen prosessin-omaiseksi
- 1997
- /164/ *Jääskeläinen, J.*, Palloventtiilin tiivisteen lukinta
- /165/ *Louhiluoto, T.*, Erään uuden tuotteen kokoonpano- ja kustannusanalyysi
- /166/ *Saarinan J-P.*, Työelämän näkemysten selvitys kone- ja metallitekniiikan sekä sähkötekniikan ammatillisesta koulutuksesta haastattelu-menetelmällä
- 1998
- /167/ *Sahlberg, M.*, Elektroniikkatehtaan standar-disointijärjestelmän kehittäminen
- /168/ *Ranta, J.*, Paperitehtaan jälkikäsittelykoneiden tehdassuunnitteluohjeisto

- /169/ *Liinakoski, J.*, Konepajan ympäristöjärjestelmän rakentaminen
 /170/ *Gaggi, R.*, Production controlling systems 1999
 /171/ *Lahtinen, L.*, Tyhjiölaitteiden valmistus-
 tekniikoiden selvittäminen
 /172/ *Hammar, K.*, Hyötyajoneuvotuotannon ohjauksen kehittäminen
 /173/ *Miettinen, H.*, Hiiletyskarkaistun teräksen viimeistelysorvaus ja kiilauran jyrsintä
 /174/ *Takanen, H.*, Levytuotetehtaan elektrolyyttisen pintakäsittelylaitoksen suunnittelu ja toteutus
 /175/ *Saarinen, J.*, Inbound Material Flow in Mass Production 2000
 /176/ *Heino, M.*, Karkaistujen P/M-työkaluterästen lastuttavuus
 /177/ *Huhta, P.*, Konepajojen ympäristöhallinnan kehittäminen
 /178/ *Sjöblom, G.*, Ympäristön ja kuljetusturvallisuuden huomioonottaminen hissien osien pakkaamisessa
 /179/ *Hofström, Y.*, Työssä oppimispaikkojen resurssikartoitus
 /180/ *Hirsto, J.*, Toimituskeskuksen kokoonpanojärjestelmän layoutsuunnittelu
 /181/ *Helle, R.*, Tilaus-toimitusketjun kehittäminen sähkömoottoritehtaalla
 /182/ *Hietanen, P.*, Teollisuuspuhallinyksikön liiketoimintaprosessien kehittäminen 2001
 /183/ *Ollinmäki, E.*, Konepajan asiakasohjautuvan toimitusprojektin ohjaus
 /184/ *af Ursin, I.*, Konepajan tuotannon kehittäminen CAM-järjestelmän avulla
 /185/ *Hanni P.*, Hissikomponenttituotannon kapasiteetisuunnittelun optimointi
 /186/ *Tuomola, I.*, Muovien lastuavan työstön perusteiden selvittäminen 2002
 /187/ *Alm, M.*, Tuotannonkehitys hammaspyöriä valmistavassa konepajassa
 /188/ *Smeds, L.*, Improving the Allocation of New Products to Automatic Assembly Lines
 /189/ *Oinas, M.*, Kaapelikoneen tuotteistaminen 2003
 /190/ *Niemelä, N.*, Osavalmistuksen laadun varmistaminen ja kehittäminen
 /191/ *Huuskonen, J.*, Ulkoistetun yrityksen sisäinen logistiikka 2004
 /192/ *Heinonen, K.*, Depaneling Methods for Terminal Products Manufacturing (Päätelaitteiden valmistukseen soveltuvat aihion paloittelu-menetykset) 2005
 /193/ *Haavisto, S.*, Sähkölaitteen toiminnallinen turvallisuus

TEKNILLINEN KORKEAKOULU, KONEENRAKENNUSTEKNIIKAN LAITOKSEN JULKAISUJA

HELSINKI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY DEPARTMENT OF ENGINEERING DESIGN AND PRODUCTION PUBLICATIONS

- TKK-K-1/08 Peräsaari, T. ja Orkas, J.
Käsiin kohdistuvan värinän vaikutusten vähentäminen valimotyössä.
Osa II, värinäaltistuksen vähentäminen, 58+31 s, 2008.
- TKK-K-2/08 Mononen, J., Savolainen, K., Saukkonen, T., Hänninen, H., Api, M., Keinänen, H., Martikainen, H., Tervo, J., ja Sirén, M.
Friction Stir Welding, STIR
Final report 94 s, 2008
- TKK-K-3/08 Mononen, J., Savolainen, K., Saukkonen, T., Hänninen, H.
Friction Stir Welding of High Temperature Materials, KUUMA
Final report 58 s, 2008
- TKK-K-4/08 Westenius, M., Orkas, J.
Kvartsipölysuojauksen ja REACH-asetuksen soveltaminen suomalaisessa valimoteollisuudessa, 55+2 s, 2008.
- TKK-K-1/09 Kauppinen, V.
Konepajateknisiä pohdintoja
Suomalaisen konepajakulttuurin muutoksia
1960-luvulta 2000-luvulle
120 s, 2009